

512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同

生物修复技术研究

# 环境影响报告表

东华理工大学

2022年6月

512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同  
生物修复技术研究  
环境影响报告表



512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同  
生物修复技术研究  
环境 影 响 报 告 表

东华理工大学

法人代表：孙占学

通讯地址：江西省南昌市经开区广兰大道 418 号

邮政编码：330013



## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	654885		
建设项目名称	512铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究		
建设项目类别	55—169铀矿开采、冶炼; 其他方式提铀		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	东华理工大学		
统一社会信用代码	123600004926107794		
法定代表人 (签章)	孙占学 		
主要负责人 (签字)	孙占学 		
直接负责的主管人员 (签字)	王学刚 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	核工业北京化工冶金研究院		
统一社会信用代码	12100000400777679W		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
高洁	10351143510110507	BH013868	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高洁	全文	BH013868	

## 1 建设项目基本情况

项目名称	512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究				
建设单位	东华理工大学				
法人代表	孙占学	联系人	周义朋		
通讯地址	江西省南昌市经开区广兰大道 418 号				
联系电话	0791-83872196	传 真	—	邮政编码	330013
建设地点	新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州察布查尔锡伯自治县琼博拉乡新疆中核天山铀业有限公司七三七厂				
立项审批部门	国防科技工业局	批准文号	科工二司（2019）1276 号		
建设性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>	行业类别及代码	工程和技术研究和试验发展 M-7320		
占地面积（平方米）	1684 （其中，临时占地 1151m <sup>2</sup> ）	绿化面积（平方米）	1151		
总投资（万元）	942	环保投资（万元）	660		
环保投资占总投资比例	70%	预期投产日期	2022.6		

### 1.1 建设单位概况

东华理工大学（原华东地质学院）创办于 1956 年，是江西省人民政府与国家国防科技工业局、自然资源部、中国核工业集团有限公司共同组建的具有地学和核科学特色，以理工为主，经、管、文、法、教、艺兼备的多学科性大学，是教育部“卓越工程师教育培养计划”试点，教育部“111 计划”入选高校、“中西部高校基础能力建设工程”支持高校、全国国防教育特色学校，中国核工业有限公司人才培养基地。东华理工大学坚持“为核成立、因核成名、以核成势”的发展思路，高举“核学”和“地学”两杆大旗，加速内涵发展、强化学科特色，不断提升核心竞争力，为我国核大国地位的确立、为国防科技工业发展和地方经济建设作出了重要贡献，被誉为“中国核地学人才摇篮”和“世界原子能事业的宝贵财富”，为国防军工事业和经济社会发展输送了 24 万余名各级各类人才。

东华理工大学现有南昌和抚州两个校区，教职工 2400 余人，设立核科学与工程学院、水资源与环境工程学院、地球科学学院等 20 余个教学单位，拥有我国核资源与环境领域首个国家重点实验室、“放射性地质”国家级实验教学示范中心、“放射性地质与勘探技术”国防重点学科实验室、“核技术应用”教育部工程研究中心、国家原子能机构参比实验室

在内的 30 余个国家级、省部级高水平科研平台，近年来承担了“砂岩型铀矿原位植菌地浸开采技术研究与应用”、“酸法地浸采铀中铀矿储层孔隙与渗透性时空演化规律”、“铀矿生物浸出过程中沥青铀矿-微生物溶浸液相互作用机理”等多项科研项目，获得国家科技进步二等奖、国防科技进步特等奖与二等奖、国防技术发明二等奖、江西省自然科学一等奖、江西省科技进步一等奖、江西省社科优秀成果一等奖等国家级、省部级科技成果奖等 70 余项。

## 1.2 项目由来及必要性

原地浸出采铀工艺是集采、冶一体的铀矿采冶技术，作为一种新型采铀技术，因具有生产成本较低、能适应于低品位铀矿开采、对地表生态环境破坏小等优点，已成为国际上一种重要的采铀方法，至 2019 年底，全球铀产量中，约 57% 来源于地浸工艺生产。然而，地浸生产中注入溶浸液与含矿含水层造岩矿物发生化学反应，对周围含矿含水层地下水产生影响。

原地浸出采铀工艺按照溶浸剂的不同，分为酸法地浸、碱法地浸和  $\text{CO}_2+\text{O}_2$ （中性）地浸。酸法地浸停采后，部分溶浸液会在含矿含水层中滞留，使得含矿含水层的地下水含有较高浓度的硫酸盐、硝酸盐以及铀。新疆伊犁盆地 512 铀矿床是我国首个成功应用酸法地浸开采技术的大型砂岩型铀矿床，经过近 30 年的酸法地浸工业试验和生产，已开拓了 20 余个采区，一批老采区（如 1#、3#、7#、9#、11#等）已面临退役，亟需研发行之有效、经济合理的含矿层地下水修复技术。

近年来，国内外铀矿待退役采区越来越多，国外普遍采用的异位处理技术成本较高，且处理效果难以持续。目前我国针对原地浸出采铀地下水修复技术尚未开展系统的科学研究，没有成功的经验和成熟的工程实践，作为地浸采铀的最后一个关键环节，地浸采铀地下水修复成为需要迫切解决的技术问题。本项目拟以新疆中核天山铀业有限公司七三七厂（512 铀矿床）终采采区地下水为研究对象，筛选出适于地浸铀矿地下水修复的耐酸性微生物菌群，以此为基础，研发地浸采铀地下水“异位-原位协同生物修复”集成工艺技术，解决铀矿地浸退役采区地下水修复技术难题，为铀矿地下水污染治理提供一条经济可行的途径，这对保证我国铀矿地浸开采可持续发展、保护地下水资源具有重要的社会和环境意义。

2019 年国家国防科技工业局以科工二司〔2019〕1276 号文“国防科工局关于中核四〇四有限公司熔盐氧化处理放射性废物树脂技术研究等 10 个核设施退役及放射性废物治理项目的批复”对本科研课题的项目建议书进行了批复。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》及《建设项目环境保护管理条例》的有

关规定，该研究项目需开展环境影响评价并编制环境影响报告表。东华理工大学委托核工业北京化工冶金研究院承担该项目的环境影响评价工作。接受委托后，环境影响评价小组立即赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程资料和环境资料，委托核工业二一六大队检测研究院开展了环境质量现状监测，并于 2022 年 4 月完成了报告表的编制工作，现提交生态环境部审查。

### 1.3 项目概况

#### 1.3.1 项目概况

项目名称：512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究。

建设性质：新建。

项目周期：3 年。

建设单位：东华理工大学。

建设地点：新疆维吾尔自治区伊犁察布查尔县琼博拉乡七三七厂。

项目投资：942 万元，其中环保投资 660 万元。

#### 1.3.2 研究内容

本项目为地浸铀矿山终采区地下水修复技术研究项目，主要研究内容如下：

- 1) 地下水污染现状补充调查与污染物分布特征研究；
- 2) 菌种/菌群选育及生长特征研究；
- 3) 异位处理工艺研究；
- 4) 原位生物修复工艺研究；
- 5) “异位—原位协同生物修复”技术集成及验证。

#### 1.3.3 建设内容

根据研究需求，本项目建设内容主要包括试验钻孔 13 眼、中试厂房 1 座及集控室 1 间。

### 1.4 与项目有关的原有污染情况及主要环境问题

#### 1.4.1 七三七厂现状

本项目拟在七三七厂地浸采铀工程 C3 终采采区开展相关试验研究，七三七厂是我国第一座规模化地浸矿山，隶属于新疆中核天山铀业有限公司。自 1985 年开始在 512 铀矿床开始现场条件试验，1992 年建成半工业性试验生产线，1996 年建成工业性试验生产线，2000 年底建成工业化规模生产线，2008 年经综合技术改造后，产能达 XX 吨 U/a。

1998 年 9 月，生态环境保护行政主管部门（原国家环境保护总局）以环发（1998）295 号文下发了《关于 737 原地浸出采铀二期工程环境影响报告书（可行性研究阶段）审批意

见的复函》，2008年七三七厂开展综合技术改造，原国家环保总局以环审〔2008〕35号文下发了《关于新疆中核天山铀业有限公司综合技术改造项目环境影响报告表的批复》。

#### 1.4.2 原有污染情况及主要环境问题

##### 1) 原有污染情况

七三七厂气载放射性核素主要为集液池和蒸发池表面排放的<sup>222</sup>Rn以及浸出液处理厂产生的少量放射性气溶胶和酸碱气体。矿区较为平坦，大部分为广漠的戈壁滩，放射性核素排入大气后稀释扩散，对周围大气环境影响较小。非放射性废气主要来自锅炉房锅炉燃煤产生的烟尘和SO<sub>2</sub>，七三七厂配置2台热水锅炉，装机容量分别为0.32MW和2.1MW，采用2台型号为XCW-1C的脱硫除尘器处理，烟尘和SO<sub>2</sub>排放浓度满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）燃煤锅炉要求，对周围环境影响较小。

放射性废水主要为水冶厂的工艺废水，主要来自浸出液处理厂房的外排的吸附尾液，这些废水均排入尾液蒸发池，七三七厂现有7个蒸发池，在尾液蒸发池底部均设防渗层，防止尾液渗漏。非放射性废水主要来自七三七厂生活区、生产管理综合楼的污水，约为88.8m<sup>3</sup>/d，出水经过化粪池处理后排入伊宁市污水管网。

固体废物主要为生活垃圾和锅炉房炉渣，生活垃圾产生量约10t/a，由城市环卫部门收集后，送垃圾填埋场卫生填埋；锅炉房炉渣产生量77t/a，用于厂区道路的敷设和作为建筑材料综合利用，对周围环境影响较小。

七三七厂自建矿以来，严格执行各项安全环保制度，开展“三废”综合整治，目前安全环保设施运行状况良好，至今未发生过环境纠纷及环境污染事件。

##### 2) 本项目周边环境问题

本项目拟在七三七厂C3采区选取试验单元，开展地下水修复试验现场验证。C3采区目前部分单元处于关停维护期。

根据2009-2010年新疆中核天山铀业有限公司对C3采区内部含矿含水层的地下水源项调查，pH范围为1.53-3.10，U<sup>6+</sup>浓度范围为0.34-18.6 mg/L，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>浓度范围为922-9130 mg/L，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>浓度范围为6.7-87.8 mg/L。

根据七三七厂2020年年报，C3采区下游3-D7监测井（下游距C3采区边界100m）在2020年U<sub>天然</sub>监测范围值为9.0~13.6μg/L，上含水层3-D2监测井的U<sub>天然</sub>监测范围值为8.05~12.08μg/L，下含水层3-D6监测井的U<sub>天然</sub>监测范围值分别为0.20~6.71μg/L，均位于本底范围内，其余监测因子pH、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>也在正常波动范围内。

## 1.5 评价等级与评价范围

### 1.5.1 辐射环境



本项目辐射环境评价范围为以中试厂房为中心，半径 20km 的地域范围。

子区划分方法是以本项目中试厂房为圆心，以 1、2、3、5、10、20km 为半径画 6 个同心圆，与圆心角 22.5° 的 16 个方位相交划分扇形区，共 96 个评价子区。

### 1.5.2 非放射性环境

#### 1) 非放射性大气环境影响评价等级与评价范围

本项目施工期以柴油发电机为动力，将会产生一定量的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物，试验期开展生物修复试验，将会产生一定量的 H<sub>2</sub>S 气体。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，分别计算了施工期、运行期各污染物的最大地面空气质量浓度占标率。其中，施工期最大占标率大气污染物为 NO<sub>x</sub>，其 P<sub>max</sub> 为 8.46%，根据导则评价等级判定标准，施工期非放射性大气环境影响评价工作等级为二级，评价范围为以采取内钻井处为中心，边长 5km 的评价范围。运行期 H<sub>2</sub>S 最大占标率 P<sub>max</sub> 为 0.062%，根据导则评价等级判定标准，评价工作等级为三级，不需设置大气环境影响范围。

#### 2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目废水不外排，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目地表水评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测。本项目进行简单分析。

#### 3) 地下水环境影响评价等级与范围

《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A——地下水环境影响评价行业分类表中没有对该行业的地下水环境影响评价项目类别进行分类。参照附录 A 中行业类别“U 153 污染场地治理修复工程”对应的地下水环境影响评价项目类别为“III 类”。本项目不涉及集中式和分散式水源地，参照 HJ 610-2016 中表 2 评价工作等级分级表，本项目地下水评价等级确定为三级。

#### 4) 声环境影响评价等级与范围

本项目所处区域为声环境 2 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）原则，确定本项目声环境影响评价工作等级为二级，确定声环境影响评价范围为厂界外 200m。

#### 5) 环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质为钻孔施工钻探柴油发电机使用的柴油，施工期现场柴油最大储存量约 2400L，约 2.0t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）及附录 B，项目涉及风险物质使用量及临界量见表 1.5-1。

表 1.5-1 本项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存在总量 $q_n/t$	临界量 $Q_n/t$	危险物质 Q 值
1	油类物质（柴油）	/	2.0	2500	0.0008
项目 Q 值					0.0008

由上表可知，本项目 Q 值为  $0.0008 < 1$ ，项目环境风险潜势为 I。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018），环境风险评价等级确定为简单分析。

#### 6) 生态评价等级与范围

本项目占地区域不属于特殊生态敏感区，占地面积  $1684m^2$ （含临时占地  $1151m^2$ ），占地面积  $\leq 20km^2$ ，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

### 1.6 产业政策与“三线一单”相符性

#### 1.6.1 产业政策相符性分析

本项目属于地浸采铀地下水修复治理试验研究项目，对照《产业结构调整指导目录（2021 年本）》，本项目不属于产业政策指导目录规定的限制类和淘汰类项目，属于鼓励类“六、核能”中“10.核设施退役及放射性废物治理”，符合我国现行产业政策。

#### 1.6.2 “三线一单”相符性分析

1) 与《新疆维吾尔自治区七大片区“三线一单”生态环境分区管控要求》新环环评发（2021）162 号（2021 年版）的符合性分析

按照《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》（新政发〔2021〕18 号）的要求，新疆生态环境厅制定了《新疆维吾尔自治区七大片区“三线一单”生态环境分区管控要求》，新疆全区划分为七大片区，包括北疆北部（塔城地区、阿勒泰地区）、伊犁河谷、克奎乌-博州、乌昌石、吐哈、天山南坡（巴州、阿克苏地区）和南疆三地州片区。本项目位于伊犁河谷片区。伊犁河谷片区重点管控要求为西天山水源涵养功能和生物多样性功能维护、伊犁河环境风险防控、城镇大气污染控制。

本项目为铀矿地浸退役采区地下水环境修复技术研究项目，为环境利好项目。项目地点为现有的生产采区内部，远离文物古迹、坎儿井、基本农田、城镇人居环境保护等。因此，本项目的开展符合《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》和《新疆维吾尔自治区七大片区“三线一单”生态环境分区管控要求》。

2) 与《伊犁州直“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性分析

根据《伊犁州直“三线一单”生态环境分区管控方案》（伊州政办发〔2021〕28 号），伊犁州市对“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）实施生态环境分区管控，伊犁州共划定环境管控单元 145 个，包括优先保护单元、

重点管控单元、一般管控单元三类，见图 1.5-1。

优先保护单元：64 个，主要包括生态保护红线区和生态保护红线区以外的饮用水水源保护区、水源涵养区、水土流失防控区等一般生态空间管控区。生态保护红线区执行生态保护红线管理办法的有关要求；一般生态空间管控区应以生态环境保护优先为原则，开发建设活动应严格执行相关法律、法规要求，严守生态环境质量底线，确保生态功能不降低。

重点管控单元：48 个，主要包括城镇建成区、工业园区和开发强度大、污染物排放强度高的区域等。重点管控单元要着力优化空间布局，不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放管控和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题。

一般管控单元：33 个，主要包括优先保护单元和重点管控单元之外的其它区域。一般管控单元主要落实生态环境保护基本要求，推动区域环境质量持续改善。

根据本项目位置与伊犁州直环境管控单元分类图叠图，本项目位于重点管控单元，见图 1.6-1。重点管控单元侧重解决环境污染问题，严控污染排放。本项目所属管控单元的空间布局约束为：禁止新建 10 蒸吨以下锅炉、杜绝“散乱污”企业项目建设和已取缔的“散乱污”企业异地转移。污染物排放管控要求为：严格渣土车运输管理，打击违规运输、违法抛洒、倾倒行为；严格烟花爆竹禁限放管控；重点推进机动车、油品储运销等交通源挥发性有机物污染防治。本项目为环境利好项目，满足上述管控要求。

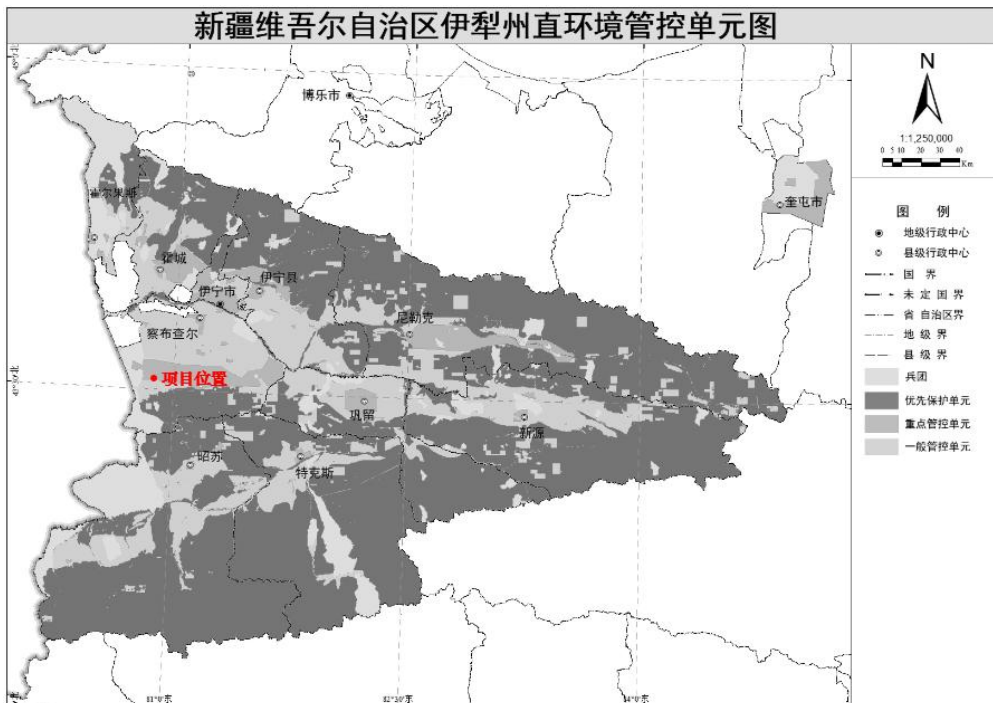


图 1.6-1 本项目与伊犁州“三线一单”生态环境分区管控方案位置关系图  
针对本项目特点，在“三线一单”符合性分析如下：

(1) 生态保护红线符合性

本项目位于现有七三七厂井场范围内，不涉及重要生态功能区、生态环境敏感区、脆弱区、生物多样性丰富、珍稀濒危物种集中分布区，不再生态红线范围内，满足生态保护红线控制要求。

#### （2）资源利用上线符合性

本项目建设运行过程中，主要资源消耗有水、土地、能源（电能）。项目占地面积约1684m<sup>2</sup>，其中，钻孔施工临时占地1151m<sup>2</sup>，钻孔施工完毕后恢复地表原始地貌形态，占用土地资源较少；七三七厂现有完善的供电设施，可满足本项目用电需求。本项目不涉及高耗电设备。本项目试验用水和生活用水均依托于现有七三七厂，试验人员的生活起居仍依托于七三七厂生活区，不会增加水资源使用量。因此，本试验水、电、土地资源使用符合资源配置要求，总体符合资源利用上线的要求。

#### （3）环境质量底线符合性

根据环境空气质量模型技术支持服务系统，伊犁哈萨克州2020年SO<sub>2</sub>年均浓度14μg/m<sup>3</sup>，NO<sub>2</sub>年均浓度29μg/m<sup>3</sup>，PM<sub>2.5</sub>年均浓度43μg/m<sup>3</sup>，PM<sub>10</sub>年均浓度70μg/m<sup>3</sup>，CO第95百分位24h平均浓度为3.7mg/m<sup>3</sup>，O<sub>3</sub>第90百分位最大8小时平均浓度为119μg/m<sup>3</sup>。由此可知，本项目所在区域SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>及PM<sub>10</sub>年平均、CO第95百分位数24h平均、O<sub>3</sub>第90百分位数日最大8小时平均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求；PM<sub>2.5</sub>年均浓度有超标现象，主要为浮尘天气所致。

本项目所在区域环境空气质量属于二类功能区，地下水属于III类功能区，声环境属于2类功能区。本试验施工期、试验期废气达标排放；废水不外排，固体废物合理处理处置；噪声经采用低噪声设备、合理安排作业时间等措施后影响较小；本试验不涉及重大危险源，“三废”排放对周围环境影响很小。本试验运行后产生的各类污染物均能实现达标排放，可维持区域的环境质量等级，不会出现环境质量降级，本试验建设符合环境质量底线要求。

#### 4）负面清单符合性

本试验位于新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州察布查尔锡伯自治县，未被列入《新疆维吾尔自治区28个国家重点生态功能区县（市）产业准入负面清单（试行）》（新发改规划〔2017〕891号）和《新疆维吾尔自治区17个新增纳入国家重点生态功能区县（市）产业准入负面清单（试行）》（新发改规划〔2017〕1796号），满足《伊犁州直“三线一单”生态环境分区管控方案》（伊州政办发〔2021〕28号）生态环境准入清单，符合环境功能区负面清单控制要求。

综上分析，本试验符合国家及地方产业政策和环保政策的相关要求，满足国家“三线一单”要求。

## 2 编制依据

法规 标准	<p>1) 法规</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》2017年10月1日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021年1月1日。</p> <p>2) 标准规范</p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；</p> <p>(4) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)；</p> <p>(5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)；</p> <p>(6) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)；</p> <p>(7) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ1015.1-2019)；</p> <p>(8) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)；</p> <p>(9) 《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009)；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(11) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)；</p> <p>(12) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；</p> <p>(13) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)；</p> <p>(14) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；</p> <p>(15) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；</p> <p>(16) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录(2021年本)》；</p> <p>(18) 《国家危险废物名录》(2021年版)；</p> <p>(19) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染物控制标准》(GB18599-2001)；</p> <p>(20) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及修改单(环境保护部2013年第36号公告)；</p> <p>(21) 《新疆生态环境保护“十四五”规划》2021年12月24日；</p>
----------	--

	<p>(22) 《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》(新政发〔2021〕18号)；</p> <p>(23) 《新疆维吾尔自治区七大片区“三线一单”生态环境分区管控要求》新环环评发〔2021〕162号(2021年版)；</p> <p>(24) 《新疆维吾尔自治区重点行业环境准入条件(修订)》(新环发〔2017〕1号)；</p> <p>(25) 《新疆维吾尔自治区28个国家重点生态功能区县(市)产业准入负面清单(试行)》(新发改规划〔2017〕891号)；</p> <p>(26) 《新疆维吾尔自治区17个新增纳入国家重点生态功能区县(市)产业准入负面清单(试行)》(新发改规划〔2017〕1796号)；</p> <p>(27) 《伊犁州直“三线一单”生态环境分区管控方案》(伊州政办发〔2021〕28号)。</p>
<p>相关文件</p>	<p>1) 《512铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究任务书》，东华理工大学，2021年8月；</p> <p>2) 《国防科工局关于中核四〇四有限公司熔盐氧化处理放射性废物树脂技术研究等10个核设施退役及放射性废物治理项目的批复》(科工二司〔2019〕1276号)；</p> <p>3) 《512铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究项目环境质量现状监测》(HJ21059)，核工业二一六大队检测研究院，2022年8月；</p> <p>4) 《新疆中核天山铀业有限公司七三七厂流出物及周围环境监测评价2020年年报》，新疆中核天山铀业有限公司，2021年2月；</p> <p>5) 环境影响评价委托书。</p>

### 3 建设项目所在地自然环境社会环境简况

#### 3.1 地理位置

512 铀矿床位于新疆维吾尔自治区伊犁察布查尔县琼博拉乡境内，其地理坐标为东经  $80^{\circ}46'38.1''\sim 80^{\circ}50'02.8''$ ，北纬  $43^{\circ}33'02.1''\sim 43^{\circ}34'17''$ 。矿区边界西距国境直线距离约 10km，东北方向距伊宁市直线距离约 55km，距离察布查尔县直线距离约 40km，区内交通较为便利。七三七厂地理位置图见图 3.1-1。



图 3.1-1 512 铀矿床地理位置图

#### 3.2 区域地形地貌

512 铀矿床地处伊犁河谷中国境内的西南边缘，伊犁河南部的 40 余公里处。矿区局部地势南高北低，南缘为克特敏山，自南向北依次为丘陵和洪积、冲积倾斜平原两个地貌单元。山前丘陵主要由洪积扇组成，该洪积扇主要由红海沟山洪暴雨冲积形成，洪积扇与红海沟为轴心，矿区位于其东部 3~5km 处，目前该洪积扇处在上升切割阶段，地形比矿区一带高 50~70m。洪积扇与冲积平原呈过渡平缓状况，没有明显的界限，矿区周围有零星农田种植和牧场，大部分为戈壁滩。区域地形地貌见图 3.2-1。根据区域海拔数据形成的高程图见图 3.2-2。



图 3.2-1 区域地形地貌图

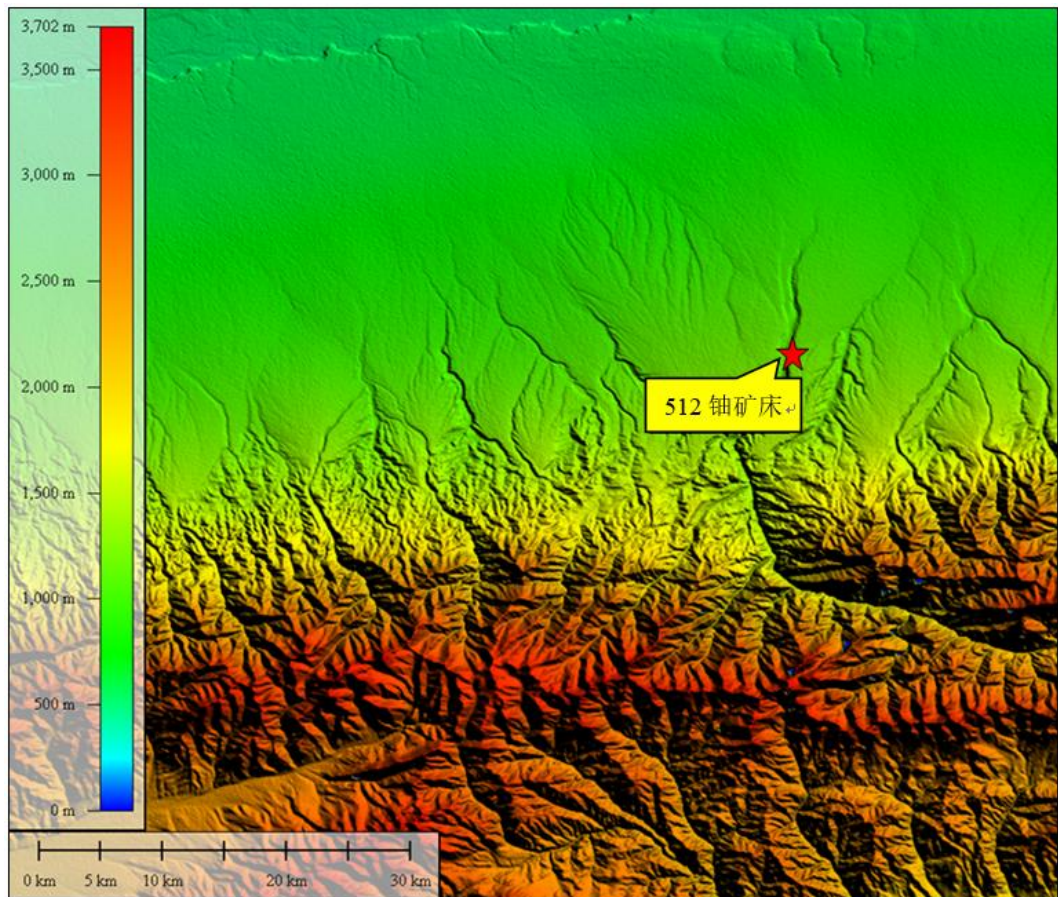


图 3.2-2 512 铀矿床所处区域高程图



### 3.3 气候气象

#### 1) 区域气候特征

512 铀矿床所在区域位于欧亚大陆中心，远离海洋，属大陆性温带和干旱气候，气温变化剧烈，冬夏季长而春秋季短，四季分明。该区多年平均气温 8.3℃，夏季气温 22.6~23.5℃，极端最高气温 39.5℃，冬季平均气温为-9.4℃，极端最低气温为-43.2℃，最大冻土深度为 1.2m。多年平均降雨量 300mm，春季较多、秋冬较少；多年平均蒸发量 3500mm。全年无霜期平均为 146d，最长 177d，最短 130d。风频最大的风向为东风，最大风速 40m/s。

#### 2) 气象资料

距离本项目厂址最近的地面气象站为察布查尔站，该气象站站点编号为 51430。该气象站地理坐标为东经 81.15°、北纬 43.833°，距离 512 铀矿床直线距离约 39km，气象站所在地地理特征与本项目所在地基本一致。

本次评价采用的地面气象参数为察布查尔站 2019 年全年逐时数据，包括观测风向、风速、总云、低云、温度和降雨量。根据察布查尔气象站 2019 年气象数据，当地温度、风速的月平均变化情况见表 2.5-1 和图 2.5-1；全年和各季的风向变化见表 2.5-2，以此为依据绘制的 2019 年四季及全年风频玫瑰图见图 2.5-2。

由察布查尔气象站 2019 年全年气象数据统计结果可以看出，2019 年全年平均气温为 11.2℃，年均风速 1.5m/s，最大风频风向为 ENE~ESE 方位，其风频之和为 34.4%，为当地 2019 年主导风向。

表 2.5-1 察布查尔气象站 2019 年温度、风速月平均变化

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
温度 (°C)	-6.5	-0.7	7.3	15.5	18.5	22.7
风速 (m/s)	1.0	1.3	1.8	1.7	2.1	1.7
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度 (°C)	26.7	24.1	18.3	11.3	1.4	-4.4
风速 (m/s)	1.8	1.6	1.4	1.1	1.2	1.0

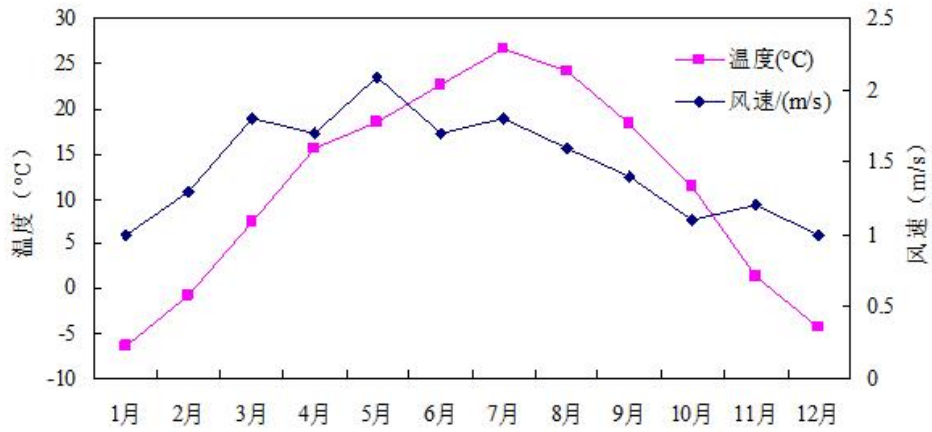


图 2.5-1 察布查尔气象站 2019 年温度、风速月平均变化图

表 2.5-2 察布查尔站 2019 年全年及各季风向变化情况 单位：%

季节	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春节	3.2	3.8	2.4	6.2	15.5	6.4	2.1	2.1	4.0
夏季	1.4	1.1	1.8	7.5	27.3	14.2	4.2	1.9	1.2
秋季	1.0	1.1	1.8	5.5	18.5	6.9	1.5	1.2	0.5
冬季	0.1	0.6	0.7	3.7	18.3	7.6	1.9	0.9	0.9
全年	1.4	1.7	1.7	5.7	19.9	8.8	2.4	1.5	1.6
季节	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	静风	
春节	4.3	3.3	6.9	7.1	3.9	3.3	3.8	21.9	
夏季	2.7	4.1	5.6	4.2	2.2	1.9	1.5	17.3	
秋季	1.6	5.0	6.8	7.1	4.6	3.0	1.1	33.1	
冬季	1.7	5.7	6.9	7.5	3.3	1.0	0.2	39.0	
全年	2.6	4.5	6.5	6.4	3.5	2.3	1.6	27.8	

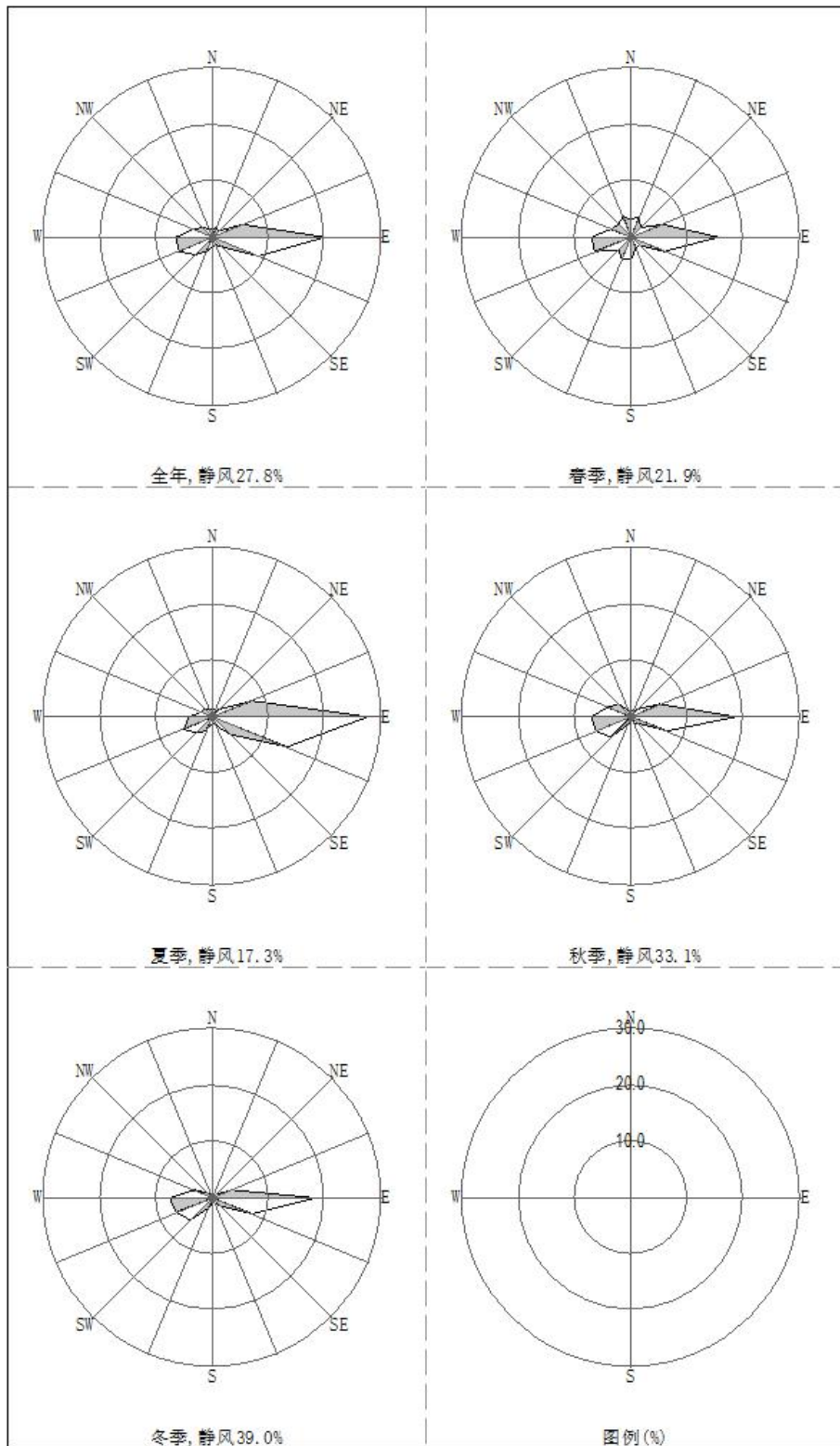


图 2.5-2 2019 年四季及全年风频玫瑰图

### 3.4 地表水系

伊犁地区区内河流基本均流入伊犁河。伊犁河由我国境内流入哈萨克斯坦共和国的巴尔喀什湖，其水系分布于全伊犁地区，共有 120 多条河流，其密度居全疆之首，因受地形、地貌、山系走向和山地坡向制约，大河呈东西流向，小河山沟一般呈南北向。伊犁河

属中亚西亚内陆河，是新疆境内一条大河，是我国西部三条国际河流之一。伊犁河大部分汇水面积在我国境内，全长 1439km，其中我国境内长 488km，我国境内伊犁河流域面积为 57467km<sup>2</sup>。伊犁河流域地表水年径流总量为 165 亿 m<sup>3</sup>，其中有境外流入的水量为 5.94 亿 m<sup>3</sup>，本区产水量为 158.65 亿 m<sup>3</sup>。

512 铀矿床周围较大的水系为洪海沟及库捷尔太沟，洪海沟位于矿区西部，河谷宽 150~200m，切割深度为 50~70m，为常年性河流，平均流量 3000m<sup>3</sup>/d。库捷尔太沟位于矿区东部，流量为 50m<sup>3</sup>/d。地表水系均源于南部山区，由南向北流入盆地后很快变为潜水。区域地表水系图见图 3.4-1。

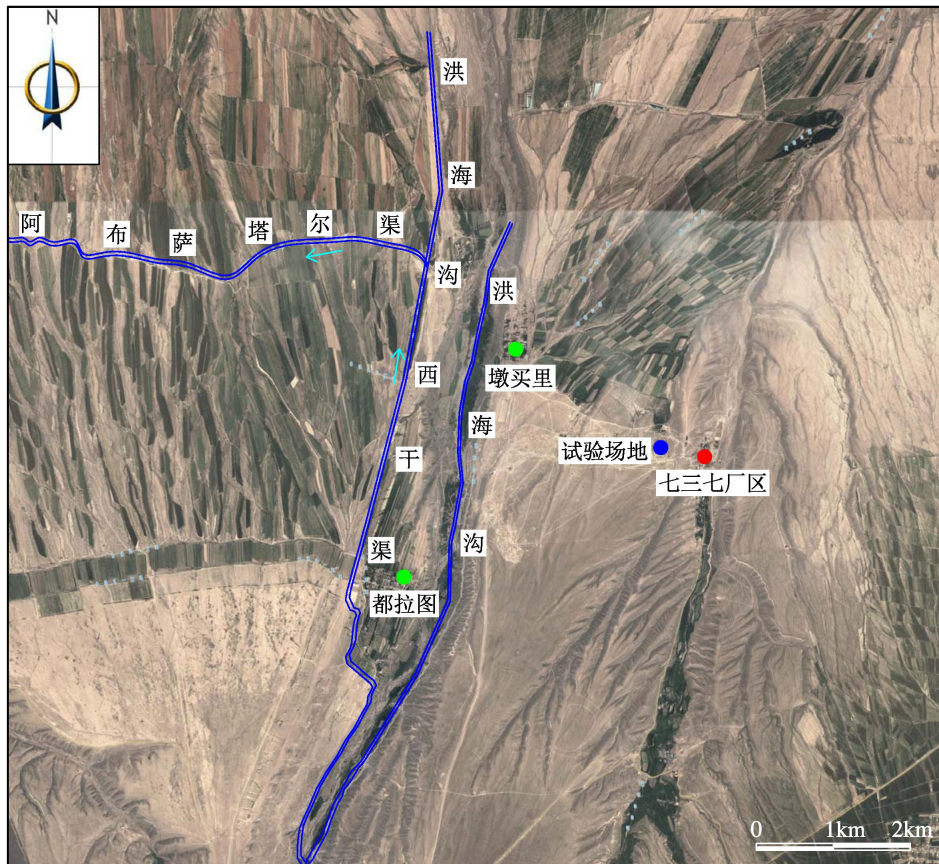


图 3.4-1 矿区周边地表水系图

### 3.5 地质

#### 1) 区域地质

512 铀矿床位于哈萨克斯坦板块与塔里木板块夹持的伊犁微板块中，座落于伊犁山间盆地南缘。盆地盖层有三叠系、侏罗系、白垩系、第三系、第四系。铀矿床产于中下侏罗统水西沟群，处于斜坡带与冲积平原接合部位。

水西沟群为陆相含煤岩系，沉积环境为扇中相、河流相、滨湖三角洲相。该群由八个沉积旋回组成，具有下粗上细，或细—粗—细的半或全韵律特征。粗粒段由砾岩、砂砾岩、

含砾中粗粒砂岩组成，富含有机质，黄铁矿，岩石疏松、半疏松，块状构造，构成矿床的含矿含水层；细粒段由粉砂岩、泥岩、煤层组成，隔水性良好。与矿化有关的旋回是 I、II、V、VII，其中第 V 旋回规模大，延伸稳定，砂岩厚度适中，含矿性最好，是矿床的主含矿层，其次是 I、II 旋回含矿层，VII 旋回也发现铀矿化。区域地质情况如图 3.5-1 所示。

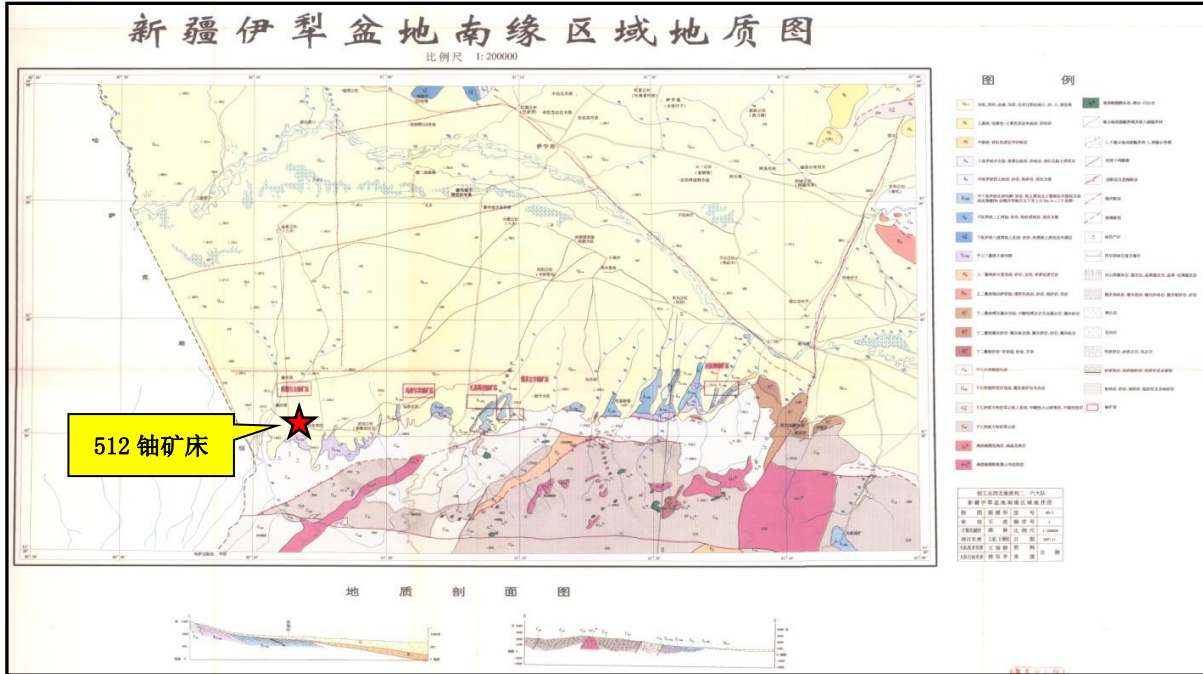


图 3.5-1 512 铀矿床所在地区构造分区图

## 2) 矿区地质

512 铀矿床位于伊犁盆地南部斜坡带西段，地层总体上呈向北缓倾斜的单斜构造，但沿走向具有次级隆凹特征，矿床位于次级隆起区的边部，矿区内无断裂构造，根据钻孔资料，矿区内自下而上的地层有：中上三叠统小泉沟群、中下侏罗统水西沟群、白垩系、老第三系、第四系。

512 铀矿床现已探明的矿体位于水西沟群的陆相含煤岩系的第 V 旋回和第 I ~ II 旋回的砂体中。主要分为第 V 旋回和第 I ~ II 旋回两个矿带。目前，七三七厂开拓采区的矿体基本均位于第 V 旋回。下面主要对第 V 旋回矿体作简要说明。

第 V 旋回铀矿体东起库捷尔太沟的 13 号勘探线，西至洪海沟西的 70 号勘探线，呈近东西向的条带状展布，西端分岔。矿带长约 5.3km。工业矿带由卷头和翼部矿体组成，沿走向呈蛇曲状，向西分岔。倾向上呈复杂的卷状形态：卷头矿体较稳定，位于翼部前方。矿体埋深一般在 140~240m 之间，总趋势是沿走向由东向西埋深由浅至深。沿倾向由南向北由浅变深，卷头矿体埋深 160~240m，与层间氧化带尖灭部位埋深一致，翼部矿体埋深 80~200m。矿体厚度变化较大，矿体厚度 0.5~12.3m，平均为 3.7m，沿倾向由翼部向卷

头矿体厚度呈薄—厚—最厚—薄变化趋势。

### 3.6 水文地质

#### 1) 区域水文地质

伊犁盆地属寒温偏湿的半干旱气候区，其中盆地南部山区气温相对较低，降水量丰富，蒸发作用弱，地形切割强烈，为盆地地下水的主要补给区；南缘斜坡地带地势平缓，水交替缓慢，为地下水的径流区；伊犁河南岸平原地区北东向断裂是深部地下水的区域排泄源，该区沼泽盐碱地比较发育，蒸发作用强烈，是盆地浅层地下水的主要排泄区。由南至北，从山区到盆地再到伊犁河，构成了完整的补给—径流—排泄的水动力体系。区域水文地质图见图 3.6-1。

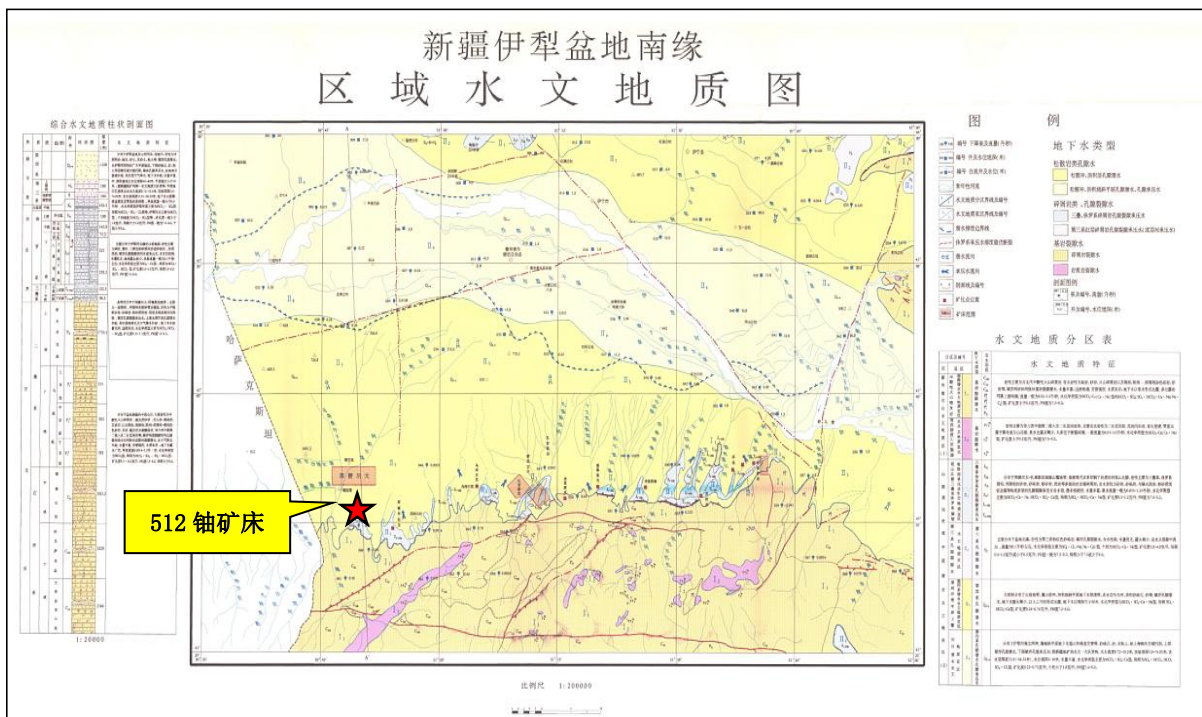


图 3.6-1 512 铀矿床所在区域水文地质图

库捷尔太铀矿区区域上可划分为以上两个水文地质区、六个水文地质亚区。其中，本矿床位于第二区的第一亚区，及 II1 亚区内。该区域地下水大致可分为三个类型：

(1) 基岩裂隙水：分布于南部中高山区，主要岩性为中酸性火山碎屑岩。由于过早运动及风化作用的影响，裂隙发育，地下水由大气降水及冰雪融水补给，径流畅通水质良好，以泉的形式排泄。

(2) 裂隙孔隙水：分布于山前丘陵地带，主要赋存于砂岩、砂砾岩中，岩石胶结程度差，松散、透水性较好，为盆地主要承压水水源，可分多个含水层，厚度几到几十米。主要补给来源为河水及第四系潜水，以地下径流形式进行交替。

(3) 孔隙水：广泛分布于盆地及山区的河谷凹陷地带。盆地第四系厚度沉积厚度 30~200m，岩性为砂、砂砾石、亚粘土、黄土。上部为孔隙潜水、深部为孔隙承压水。主要补给来源为大气降水、河水及冰雪融水。水质良好、水量丰富。主要排泄方式为蒸发、泉。

## 2) 矿床水文地质

512 矿床自下而上划分出九个含水层，其中侏罗系水西沟群在空间上有八个沉积旋回，按其含水岩组的不同特征划分为八个承压含水层，及上部的第四系潜水含水层。九个含水层中与铀矿化有关的为侏罗系第 I、II、V、VII 四个承压含水层。下面重点介绍第 V 含矿含水层。

第 V 含矿含水层位于第五煤层与第八煤层之间，是矿床的主要含水层。其铀矿化主要赋存于砂体下部。含水岩性为粗粒砂岩、中粒砂岩及中细砂岩，泥质胶结，疏松，透水性强；由泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩构成隔水层顶底板，平均厚度顶板 8m，底板 9m，分布较稳定；含水层厚度变化不大，沿走向上砂体发育较稳定，但不同地段情况有所不同。24 号线以东，砂体中泥岩，粉砂岩夹层增多，单层厚度减小；4~16 号线，厚度 25~30m，16 号线以西至洪海沟及 4 号线以东。一般 15~20m。洪海沟以西有所加厚（20-25m），砂体从东至西由粗砂岩逐渐过渡至中细砂岩为主。空间上，矿体规模与含水层砂体规模及厚度的变化呈现出一致性。水头值大，一般 111.26~148.18m，最高可达 151.20m，渗透系数 0.52~1.16m/d，单位涌水量 0.06~0.121L/s·m，主要接受地表水及潜水含水层的间接补给。

侏罗系承压含水层渗透性能在不同含水层有所不同。其中第 I、II 含水层渗透系数为 0.09~0.24m/d，第 V 含水层渗透系数为 0.52~1.16m/d，第 VII 含水层渗透系数为 0.29m/d。地下水水力坡度 0.02~0.03。按其平均值 0.025 计算，各含水层中地下水流速分别为：第 I—II 含水层为 0.00225~0.006m/d，第 V 含水层为 0.013~0.029m/d，第 VII 含水层为 0.00725m/d。地下水流向在洪海沟与库捷尔太沟之间为北偏东 14°左右，在洪海沟以西及库捷尔太沟以东为北偏西 14°左右。

512 铀矿床地下水属淡水，矿化度介于 0.015-0.74g/L，并随垂直深度的增大而增大，水质类型有 HCO<sub>3</sub> 到 HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> 及 SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Cl 型都有分布，水文在 11~18℃之间；pH 值在 7.31~8.60 之间，说明层间水处于弱碱性-碱性环境。根据地勘报告可知，侏罗系地层地下水中 Eh 值一般小于 300mv，溶解氧小于 5mg/L 或为 0，H<sub>2</sub>S 为 0~1.36mg/l，Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>为 0.2~0.4mg/L。表明中生代地层中存在着多层氧化、还原的水文地球化学环境。

## 3.7 土地和水体利用

### 1) 土地利用

察布查尔锡伯自治县土地总面积为 444360hm<sup>2</sup>，其中耕地面积为 6.4 万 hm<sup>2</sup>（山水灌溉

耕地 15880hm<sup>2</sup>，大河滩地 17147hm<sup>2</sup>），荒地 8.5 万 hm<sup>2</sup>，林业用地 62920hm<sup>2</sup>，可利用草场 328667hm<sup>2</sup>；项目所在地周边 5km 土地类型以荒地为主，本项目占地为七三七厂现有井场，均为荒地。

## 2) 水体利用

察布查尔锡伯自治县水资源由南部 13 条山沟河水水系、县域倾斜平原特克斯河水的南岸干渠水系、县域中部的伊犁河大河水系、河坝及平原泉水水系和地下水五个水系组成。全县水资源总量为 26.21 亿 m<sup>3</sup>。全县地表水资源丰富，水质良好，供水成本低。目前，全县农业、工业、生态、生活用水比例为 82%、1%、16%、1%；项目所在地周围地表水体有洪海沟、库捷尔太沟以及人工开挖的数条小型引水渠，周边居民点利用上述地表水体作为农业生产和生活水源，不使用地下水。

## 3.8 生态环境概况

### 1) 生态环境状况

评价区内大面积为荒漠未利用地，土地利用程度较低，土壤类型主要为自然灰钙土和耕种灰钙土，土壤质地为砂质壤土，土壤含盐量不高，现状天然植被及野生动物种类较少，主要为荒漠植被，由超旱生的小半乔木、半灌木、小半灌木组成。本项目位于现有七三七厂井场范围内，不涉及自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

### 2) 资源开发利用状况

察布查尔锡伯自治县矿产资源丰富，已发现的矿产资源主要分布在县境南山一带，有煤、铀、金、铜、铅、锌、锰等。区域内主要含有煤矿资源，主要赋存于中生界侏罗系中下统含煤地层，埋深相对较浅，基本处于本矿床以上 100~200m 左右。项目所在地不涉及煤矿开采区域。

森林是该县重要的生态植物资源，主要树种有新疆云杉、雪山云杉、山杨、山柳、山楂、花楸、忍冬、野苹果、山杏等。次生林树种较为丰富，共有 18 科 60 余种，主要有沙枣、沙棘、河柳等。野生药用植物资源丰富，有贝母、紫草、大黄、防风、白芷、雪莲、甘草、红花等。本项目位于现有七三七厂井场范围内，主要植被为草地，无珍稀动植物分布。

## 3.9 社会环境简况

### 1) 社会经济

根据《伊犁哈萨克自治州 2020 年国民经济和社会发展统计公报》，2020 年伊犁哈萨克自治州实现地区生产总值 2338.11 亿元，比上年增长 4.4%。其中，第一产业增加值 582.52 亿元，增长 4.0%；第二产业增加值 579.41 亿元，增长 8.9%；第三产业增加值 1176.19 亿



元，增长 2.3%。第一产业增加值占地区生产总值比重为 24.9%，第二产业增加值比重为 24.8%，第三产业增加值比重为 50.3%。州直属县市生产总值 1266.01 亿元，比上年增长 5.2%。其中，第一产业增加值 227.46 亿元，增长 4.4%；第二产业增加值 324.22 亿元，增长 14.6%；第三产业增加值 714.33 亿元，增长 1.2%。第一产业增加值占地区生产总值比重为 18.0%，第二产业增加值比重为 25.6%，第三产业增加值比重为 56.4%。

## 2) 人口

察布查尔锡伯自治县辖区面积 4471.95km<sup>2</sup>，2021 年全县常住人口约 18.13 万人，人口密度约 40.26 人/km<sup>2</sup>。根据第六次全国人口普查数据，全县年龄构成中，0~14 岁人口占 20.83%，15~64 岁人口占 72.96%，65 岁及以上人口占 6.21%。

本次评价以中试厂房为评价中心，根据建设单位实地调查数据，评价中心 5km 范围内总人口为 753 人，平均人口密度 9.84 人/km<sup>2</sup>。评价中心 5km 范围内居民点情况见图 3.9-1 和表 3.9-1。

表 3.9-1 评价中心 5km 方位内居民点分布人口

居民点	方位	距离	人口数
墩买里	WNW、NW	2.69~3.36	590
都拉图	WSW	3.91~4.62	163

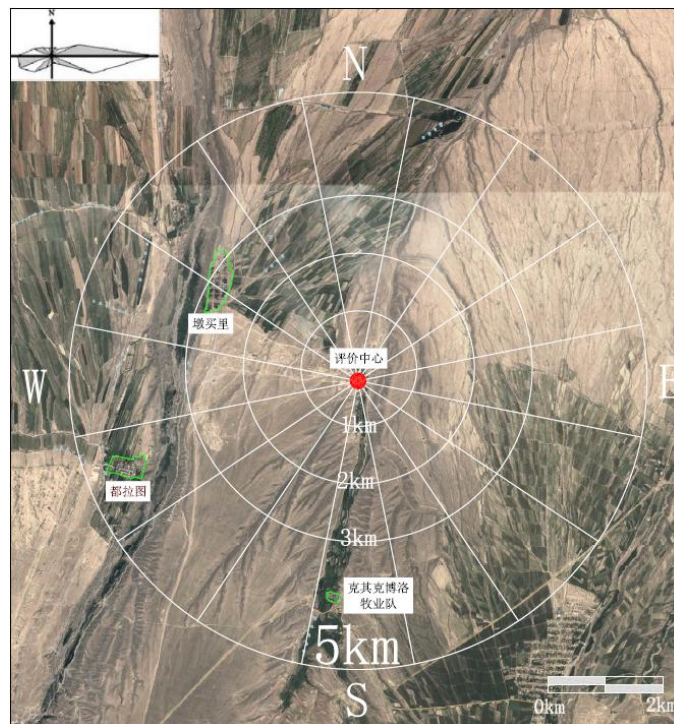


图 3.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布

#### 4 评价适用标准

表 4-1 本项目执行环境质量标准信息表					
环境 质量 标准	类别	标准名称	执行标准	项目名称及标准值	
	环境 空气	《环境空气质量标准》	GB 3095-2012 二级	SO <sub>2</sub>	1 小时平均 0.5mg/m <sup>3</sup>
				NO <sub>x</sub>	1 小时平均 0.25mg/m <sup>3</sup>
				TSP	24 小时平均 0.3mg/m <sup>3</sup>
《环境影响评价技术导则 大气环境》		附录 D 中空气质量浓度参考限值	H <sub>2</sub> S	1h 平均 10μg/m <sup>3</sup>	
地下水 环境	《地下水质量标准》	GB/T14848-2017 中 III 类标准	pH	6.5~8.5	
			As	0.01mg/L	
			Hg	0.001mg/L	
			Cr <sup>6+</sup>	0.05mg/L	
			Zn	1.00mg/L	
			Cu	1.00mg/L	
			Pb	0.01mg/L	
			Cd	0.005mg/L	
			Mn	0.10mg/L	
			Mo	0.07mg/L	
			硫化物	0.02mg/L	
			总溶解性固体	1000mg/L	
			COD <sub>Mn</sub>	3.0mg/L	
			总大肠菌数	3.0MPN/100 mL	
菌落总数	100CFU/mL				
地表水 环境	《地表水环境质量标准》	GB 3838-2002 III 类标准及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值	pH	6~9	
			氯化物	250mg/L	
			COD	20mg/L	
			BOD <sub>5</sub>	4mg/L	
			硫酸盐	250mg/L	
			As	0.05mg/L	
			Hg	0.0001mg/L	
			Cd	0.005mg/L	
			Mn	0.1mg/L	
			Pb	0.05mg/L	
			Cu	1.0mg/L	
			Zn	1.0mg/L	
			硝酸盐	10mg/L	
粪大肠菌群	10000 个/L				
Cr <sup>6+</sup>	0.05mg/L				

土壤环境	《土壤环境质量 建设用地土壤污染 风险管控标准（试 行）》	GB 36600-2018 第二类用地污 染风险筛选值 的标准要求	As	60mg/kg
			Cd	65mg/kg
			Hg	38mg/kg
			Pb	800mg/kg
			Cr <sup>6+</sup>	5.7mg/kg
			Ni	900mg/kg
			Cu	18000mg/kg
声环境	《声环境质量标 准》	GB 3096-2008 2类	Leq(A)	昼 60dB(A) 夜 50dB(A)

表 4-2 本项目执行污染物排放标准信息表

类别	标准名称	执行标准	项目名称及标准值		
废气	《大气污染物 综合排放标 准》	GB16297- 1996 新污 染源二级	SO <sub>2</sub>	最高排放浓度	550mg/m <sup>3</sup>
				周界外浓度最高点	0.4mg/m <sup>3</sup>
			NO <sub>x</sub>	最高排放浓度	240mg/m <sup>3</sup>
				周界外浓度最高点	0.12mg/m <sup>3</sup>
			颗粒物	最高排放浓度	120mg/m <sup>3</sup>
周界外浓度最高 点	1.0mg/m <sup>3</sup>				
	《恶臭污染物 排放标准》	GB14554- 93	硫化氢	无组织排放源 厂界标准值	0.06mg/ m <sup>3</sup>
噪声	《建筑施工场 界环境噪声排 放标准》	GB12523- 2011	Leq (A)	昼	70dB(A)
				夜	55dB(A)
	《工业企业厂 界环境噪声排 放标准》	GB12348- 2008 2类 标准	Leq (A)	昼	60dB(A)
				夜	50dB(A)

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），铀矿冶企业实践所致的公众关键居民组成员所受的年平均剂量约束值不应超过 0.5mSv/a。本项目为地浸地下水修复试验项目，规模小、试验周期短，结合本项目气态流出物所致公众剂量预测结果，确定本项目公众剂量约束值为 0.01mSv/a。

## 5 环境质量状况

### 5.1 区域天然放射性本底

根据《中国环境天然放射性水平》（2015年），伊犁及新疆维吾尔自治区地区的天然放射性本底值见表 5.1-1 和表 5.1-2。

表 5.1-1 环境天然贯穿辐射剂量率监测结果

序号	区域	室外剂量率(nGy/h)	
		范围	均值
1	伊犁地区	77.4~150.8	98.2
2	新疆维吾尔自治区	50~403.5	102.2

表 5.1-2 地区水体、土壤及底泥天然放射性本底值

项目		U	<sup>226</sup> Ra
地表水	全新疆河流	0.15~17.18μg/L	0.83~8.62 mBq/L
地下水	新疆维吾尔自治区	0.44~20.40μg/L	0.83~8.77 mBq/L
土壤、底泥	新疆维吾尔自治区	5.17~153.7Bq/kg	10.93~203.4 Bq/kg

另外，根据《中国环境天然放射性水平》（2015年），伊宁市室外氡平均浓度变化范围为 2.9~65.5Bq/m<sup>3</sup>。

### 5.2 建矿前本底

根据新疆环境监测中心“737 原地浸出采铀工业性试验基地环境放射性本底调查”（1993年5月）。七三七厂生活区及附近居民点墩买里的室外环境贯穿辐射剂量率和 <sup>222</sup>Rn 浓度本底值监测数据见表 5.2-1。七三七厂周围环境地表水、生物各核素本底值数据见表 5.2-2。

表 5.2-1 七三七厂区域环境贯穿辐射剂量率及氡浓度本底值

位置		测点	范围	均值
氡浓度 Bq/m <sup>3</sup>	生活区室外	12	9.76~41.48	22.93
	墩买里室外	12	6.10~40.26	13.12
贯穿辐射剂量率 nGy/h	生活区室外	28	83.0~100.7	94.9
	墩买里室外	44	79.6~102.2	90.6

表 5.2-2 七三七厂区域地表水环境本底值

位置		总α	U	<sup>226</sup> Ra
地表水	洪海沟上游（都拉图）	0.11 Bq/L	1.38 μg/L	1.5 mBq/L
	洪海沟下游（墩买里）	0.05 Bq/L	1.15 μg/L	1.5 mBq/L
生物	玉米	—	0.054 Bq/kg	0.122 Bq/kg
	小麦	—	0.033 Bq/kg	0.042 Bq/kg

七三七厂监测井成孔时大部分留取了含矿含水层和上、下含水层的本底数据，统计值见表 5.2-3。

表 5.2-3 七三七厂监测井地下水本底监测值

序号	层位	本底监测因子		
		U, $\mu\text{g/L}$	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{mg/L}$	$\text{NO}_3^-$ , $\text{mg/L}$
1	含矿含水层	0.17~241.5	12~220	0.35~85
2	上含水层	0.3~5.97	18~183.8	2.78~9.02
3	下含水层	0.3~17.7	17~138.9	3.04~5.25

### 5.3 监测方案

#### 5.3.1 监测内容

本项目监测由核工业二一六大队检测研究院开展，核工业二一六大队检测研究院具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA 证书编号为 160021182000，有效期至 2022 年 8 月 8 日。因此，所出具的监测报告是有效的。本试验监测方案见表 5.3-1，监测布点见图 5.3-1。

表 5.3-1 监测方案

环境介质	监测项目	监测位置	点位数量 (个)	监测频次及要求
空气	TSP、 $\text{H}_2\text{S}$	①C3 采区内部布置 1 个监测点； ②墩买里布置 1 个监测点。	2	连续监测 3 天，每天 1 次。
地表水	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、pH、Cd、As、Mn、Hg、 $\text{Cr}^{6+}$ 、Zn、Pb、Cu、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、 $\text{BOD}_5$ 、COD、粪大肠菌群	七三七井场洪海沟的上游和下游各布置 1 个监测点位。	2	监测 1 次。
地下水	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、pH、As、Hg、 $\text{Cr}^{6+}$ 、Zn、Cu、Pb、Cd、Mn、Mo、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、总大肠菌数、菌落总数、硫化物、 $\text{BOD}_5$	①上含水层：3-D2 上； ②含矿含水层：上游 737-J01；下游 3-D7、1-D8、1-D1，3-D11； ③下含水层：3-D6。	7	监测 1 次。
土壤	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、As、Cd、Hg、Pb、Ni、Cu、 $\text{Cr}^{6+}$	C3 采区内部一个监测点	1	每个监测点位取 1 个混合样。
噪声	等效声级 $L_{\text{Aeq}}$	C3 采区边界 1 个监测点	1	每日昼夜各 1 次，连续监测 2 天。

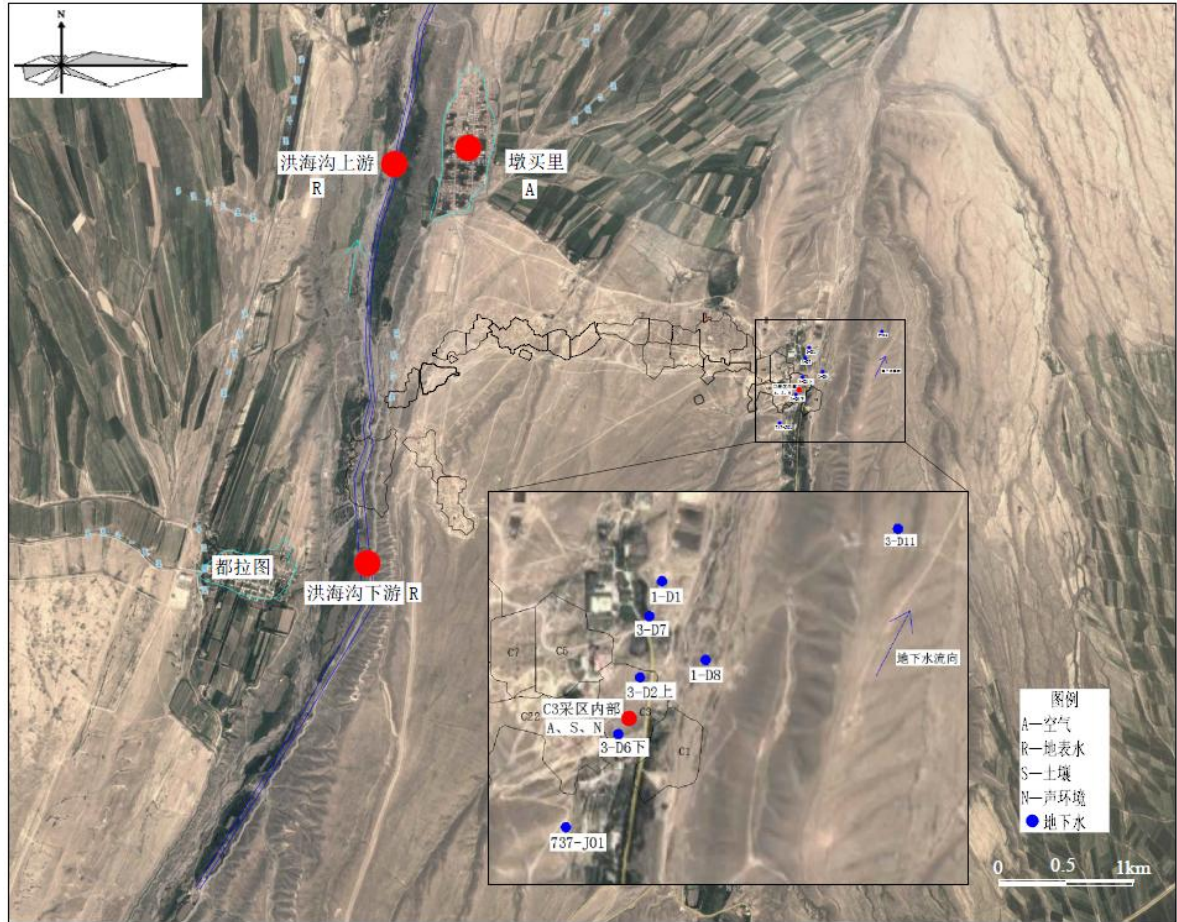


图 5.3-1 监测布点图

### 5.3.2 监测方法和测量仪器

为保证测量数据的准确性，测量方法采用国家和核工业领域颁布或推荐的标准测量方法。本试验监测内容和测量分析方法及监测仪器见表 5.3-2。

表 5.3-2 监测方法、仪器及检出限

监测项目	监测方法依据	监测仪器	仪器型号	检出限	
空气	TSP	GB/T 15432-1995	环境空气综合采样器	0.001mg/m <sup>3</sup>	
	硫化氢	GB 11742-89	便携式分光光度计	0.005mg/m <sup>3</sup>	
地表水和地下水	U <sub>天然</sub>	HJ 700-2014	ICP-MS	NexION350X	0.04ug/L
	<sup>226</sup> Ra	GB/T 11214-89	镭氡分析仪	PC-2100	0.002Bq/L
	<sup>210</sup> Pb	EJ/T 859-1994	四路低本底αβ测量仪	BH1227	0.01Bq/L
	<sup>210</sup> Po	HJ 813-2016	α谱仪	Alpha-ENSEMBLE-2D-1M	0.001Bq/L
	pH 值	DZ/T 0064.5-2021	pH 计	PHS-3C	—
	总α	DZ/T 0064.76-2021	四路低本底 α β 测量仪	BH1227	0.016Bq/L
	总β				0.028Bq/L
Cl <sup>-</sup>	HJ 84-2016	离子色谱仪	ICS-1100	0.007mg/L	

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HJ 84-2016	离子色谱仪	ICS-1100	0.018mg/L
	Cr <sup>6+</sup>	GB 7467-87	可见分光光度计	UV-6300	0.004mg/L
	硫化物	GB/T 16489-1996			0.005mg/L
	Pb	HJ 700-2014	ICP-MS	NexION350X	0.09ug/L
	Fe				0.82ug/L
	Cd				0.05ug/L
	Mn				0.12ug/L
	Cu				0.08ug/L
	Zn				0.67ug/L
	Mo				0.06ug/L
	As	0.12ug/L			
	Hg	HJ 694-2014	原子荧光光谱仪	AFS-9750	0.04ug/L
	COD <sub>Mn</sub>	GB/T 11892-1989	滴定管	0-25mL	0.5mg/L
	BOD <sub>5</sub>	HJ 505-2009	生化培养箱	BSP-250	0.5mg/L
	总大肠菌群	GB/T 5750.12-2006			2MPN/100mL
菌落总数	1CFU/mL				
土壤	U <sub>天然</sub>	GB/T 14506.30-2010	ICP-MS	NexION350X	0.003mg/kg
	<sup>226</sup> Ra	GB/T 11743-2013	高纯锗伽玛能谱仪	GX5019	1.0Bq/kg
	Cd	GB/T 14506.30-2010	ICP-MS	NexION 350X	0.02mg/kg
	Cu				0.2mg/kg
	Pb				0.1mg/kg
	Ni				1.0mg/kg
	As	HJ 680-2013	原子荧光光谱仪	AFS-9800	0.01mg/kg
	Hg	GB/T 22105.1-2008	原子荧光光谱仪	AFS-9750	0.002mg/kg
Cr <sup>6+</sup>	HJ 687-2014	原子吸收分光光度计	Z-5000	2mg/kg	
噪声	GB 3096-2008	多功能声级计	AWA5688	28dB (A)	

### 5.3 调查结果与分析

#### 5.3.1 环境空气监测结果

本项目所在地及附近居民点空气中 TSP 浓度监测结果见表 5.3-1。由表可知，C3 采区和墩买里空气中 TSP 浓度范围值为 55~139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值（300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）的要求。C3 采区和墩买里空气中 H<sub>2</sub>S 浓度均低于检出限，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D—其他污染物空气质量浓度参考限值（0.01 $\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

表 5.3-1 空气中 TSP 浓度监测结果

监测项目	监测点	监测结果 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
------	-----	-----------------------------------

		第一天	第二天	第三天
TSP	C3 采区	129	121	139
	墩买里	58	55	56
H <sub>2</sub> S	C3 采区	ND	ND	ND
	墩买里	ND	ND	ND

### 5.3.2 地表水环境监测结果

#### 1) 放射性指标

洪海沟地表水放射性核素监测结果见表 5.3-2。由表可知，洪海沟上游和下游地表水中 U<sub>天然</sub> 浓度分别为 2.02μg/L 和 2.22μg/L，<sup>226</sup>Ra 浓度分别为 25mBq/L 和 11mBq/L，<sup>210</sup>Po 浓度分别为 7mBq/L 和 10mBq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度分别为 30mBq/L 和 10mBq/L，与建矿前基本处于同一水平，且处于新疆维吾尔自治区地表水本底范围内。

表 5.3-2 地表水放射性核素含量监测结果

监测项目	单位	洪海沟		建矿前本底	《中国环境天然放射性水平》（2015 年）新疆
		上游	下游		
U <sub>天然</sub>	μg/L	2.02	2.22	1.15~12.7	0.45~17.18
<sup>226</sup> Ra	mBq/L	25	11	1.5~18.8	0.83~8.62
<sup>210</sup> Po	mBq/L	7	10	1.97~11.3	—
<sup>210</sup> Pb	mBq/L	30	10	3.66~13.3	—
总α	Bq/L	0.181	0.108	—	—
总β	Bq/L	0.064	0.093	—	—

#### 2) 非放射性指标

洪海沟地表水非放射性核素监测结果见表 5.3-3。由表可知，洪海沟上游和下游地表水非放射性指标均满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值。

表 5.3-3 地表水非放射性核素含量监测结果

监测项目	单位	洪海沟		建矿前本底	标准值
		上游	下游		
pH	—	8.19	8.11	7.85~9.00	6~9
Cl <sup>-</sup>	mg/L	2.10	2.09	8.65~199	250
COD	mg/L	2.7	3.2	—	6
BOD <sub>5</sub>	mg/L	ND	ND	—	4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	45.9	46.5	24.0~594.0	250
As	ug/L	1.00	1.04	—	50
Hg	ug/L	ND	ND	—	0.1
Cd	ug/L	ND	ND	—	5
Mn	ug/L	1.12	3.60	—	100
Pb	ug/L	ND	ND	—	50
Cu	ug/L	0.79	0.97	—	1000



Zn	ug/L	ND	ND	—	1000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.990	1.10	—	10
粪大肠菌群	MPN/L	ND	ND	—	10000
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0.005	0.007	—	0.05

### 5.3.3 地下水环境监测结果

#### 1) 放射性指标

地下水放射性核素监测结果见表 5.3-4，由表可知，上层含水层地下水中 U<sub>天然</sub> 浓度略高于建矿前本底。<sup>226</sup>Ra 浓度为 0.105Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度为 0.006Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度为 0.02Bq/L；含矿含水层地下水中 U<sub>天然</sub> 浓度范围为 7.97~21.5μg/L，与建矿前处于同一水平。<sup>226</sup>Ra 浓度范围为 0.025~0.285Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度范围为 0.010~0.047Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度范围为 ND~0.05Bq/L；下层含水层地下水中 U<sub>天然</sub> 浓度为 6.80μg/L，与建矿前处于同一水平。<sup>226</sup>Ra 浓度为 0.024Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度为 0.005Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度为 0.03Bq/L。

表 5.3-4 地下水放射性核素含量监测结果

监测层位	监测点位	U <sub>天然</sub> (μg/L)	<sup>226</sup> Ra (Bq/L)	<sup>210</sup> Po (Bq/L)	<sup>210</sup> Pb (Bq/L)
上含水层	3-D2 上	11.3	0.015	0.006	0.02
	建矿前本底	0.30~5.97	—	—	—
含矿含水层	737-J01	16.1	0.025	0.047	0.05
	1-D8	21.5	0.235	0.033	0.01
	3-D7	7.97	0.051	0.018	0.02
	1-D1	19.7	0.285	0.014	0.02
	3-D11	4.46	0.083	0.010	0.02
	建矿前本底	0.17~241.5	1.33	—	—
下含水层	3-D6	6.80	0.024	0.005	0.03
	建矿前本底	0.30~17.7	—	—	—

#### 2) 非放射性指标

监测井中地下水非放射性核素监测结果见表 5.3-5，由表可知，上层含水层、含矿含水层及下含水层地下水中非放射性指标均满足《地下水质量标准》(GB14848-2017)中 III 类标准。

表 5.3-5 地下水非放射性核素含量监测结果

监测项目	上层	下层	含矿层					标准值
	3-D2	3-D6	737-J01	1-D8	3-D7	1-D1	3-D11	
pH	7.69	7.57	7.75	7.17	7.69	7.58	7.77	6.5~8.5
COD <sub>Mn</sub>	1	0.8	0.6	2.4	0.5	1.5	1.4	3
硫化物	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02
Mo	5.15	5.04	4.97	6.26	0.45	4.88	4.93	70
As	1.26	1.37	0.58	1.79	1.36	2.22	1.05	10

Hg	0.05	0.08	ND	ND	0.05	ND	0.06	1
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
Mn	1.2	1.12	2.46	5.16	5.51	32	56.4	100
Pb	ND	ND	ND	1.15	0.74	2.16	2.88	10
Cu	1.36	3.06	0.72	0.98	0.52	0.8	0.51	1000
Zn	2.41	ND	1.12	5.42	0.51	4.48	3.36	1000
Cr <sup>6+</sup>	ND	ND	ND	0.005	0.004	0.006	ND	0.05
BOD <sub>5</sub>	0.5	ND	ND	1.8	ND	0.9	0.9	—
溶解性总固体	771	731	498	968	856	661	623	1000
菌落总数	51	29	86	96	73	91	89	100
总大肠菌群	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3

#### 5.3.4 土壤环境质量

C3 采区内部土壤中监测结果见表 5.3-6, 由表可知, 土壤中 U<sub>天然</sub> 范围为 3.16B~3.51Bq/kg, <sup>226</sup>Ra 范围为 32.6~48.4Bq/kg, 与新疆维吾尔自治区本底均处于同一水平。土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) 中第二类用地污染风险筛选值的标准要求。

表 5.3-6 土壤非放射性核素含量监测结果

检测项目	单位	监测值	GB36600-2018 标准要求
U <sub>天然</sub>	Bq/kg	3.51	5.17~153.7 (区域本底)
<sup>226</sup> Ra	Bq/kg	48.4	10.93~203.4 (区域本底)
As	mg/kg	11.90	60
Cd	mg/kg	0.21	65
Cr <sup>6+</sup>	mg/kg	ND	5.7
Cu	mg/kg	34.9	18000
Pb	mg/kg	20.8	800
Hg	mg/kg	0.014	38
Ni	mg/kg	34.2	900

#### 5.3.5 声环境质量

C3 采区附近声环境监测结果见表 5.3-7。由表可知, 昼间声级范围值在 46~48dB (A) 之间, 夜间声级范围值为 40~41dB (A), 均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

表 5.3-7 声环境监测结果

监测位置	噪声范围值 dB (A)			
	昼间		夜间	
	第一天	第二天	第一天	第二天
C3 采区边界	46	48	41	40

GB3096-2008 标准限值	60	50
------------------	----	----

## 5.4 小结

根据现状监测结果，环境现状调查结论如下：

### 1) 空气环境

本项目所在地及附近居民点空气中 TSP 浓度范围值为 55~139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求，H<sub>2</sub>S 浓度均低于检出限，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D—其他污染物空气质量浓度参考限值要求。

### 2) 地表水

洪海沟上游和下游地表水中 U<sub>天然</sub> 浓度分别为 2.02 $\mu\text{g}/\text{L}$  和 2.22 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，<sup>226</sup>Ra 浓度分别为 25mBq/L 和 11mBq/L，<sup>210</sup>Po 浓度分别为 7mBq/L 和 10mBq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度分别为 30mBq/L 和 10mBq/L，与建矿前基本处于同一水平，且处于新疆维吾尔自治区地表水本底范围内；非放射性指标均满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值。

### 3) 地下水

地下水上含水层地下水 U<sub>天然</sub> 浓度略高于建矿前本底，<sup>226</sup>Ra 浓度为 0.105Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度为 0.006Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度为 0.02Bq/L；含矿含水层地下水中 U<sub>天然</sub> 浓度范围为 7.97~21.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，与建矿前处于同一水平。<sup>226</sup>Ra 浓度范围为 0.025~0.285Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度范围为 0.010~0.047Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度范围为 ND~0.05Bq/L；下层含水层地下水中 U<sub>天然</sub> 浓度为 6.80 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，与建矿前处于同一水平。<sup>226</sup>Ra 浓度为 0.024Bq/L，<sup>210</sup>Po 浓度为 0.005Bq/L，<sup>210</sup>Pb 浓度为 0.03Bq/L。地下水中非放射性指标均满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）中 III 类标准。

### 4) 土壤

土壤中 U<sub>天然</sub> 范围为 3.16B~3.51Bq/kg，<sup>226</sup>Ra 范围为 32.6~48.4Bq/kg，与新疆维吾尔自治区本底均处于同一水平。土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地污染风险筛选值的标准要求。

### 5) 声环境

本项目附近昼间声级范围值在 46~48dB（A）之间，夜间声级范围值为 40~41dB（A），均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

## 5.5 主要环境保护目标

根据项目性质和周围环境特征，确定本项目大气环境保护目标为项目周围居住区的大气环境；水环境保护对象为含矿含水层及上下层地下水；声环境保护对象为厂界外 200m 声环境；生态环境保护对象为项目建设占地区域。本项目具体环境保护目标见表 5.6-1。

表 5.5-1 环境保护目标一览表

要素	保护目标	方位	距离 (km)	性质	人口	保护目标
大气环境	墩买里	WNW~NW	2.69~3.36	居民点	590	《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级。
	都拉图	WSW	3.91~4.62		163	
水环境	项目周边洪海沟地表水					《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中 III 类标准
	含矿含水层及上、下含水层地下水					《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。
声环境	试验采区边界外 200m 范围内					《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类。
生态环境	本项目占地区域					防止生态环境破坏、水土流失等。
辐射环境	20km 评价范围					本项目确定的公众平均年有效剂量约束值为 0.01mSv/a。



## 6 建设项目工程分析

### 6.1 项目组成及内容

本项目为 512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究, 本项目总技术路线为: 以新疆 512 铀矿床酸法地浸采铀退役采区地下水为研究对象, 通过水文地质条件、污染现状和微生物等的调查与评价, 获得该采区地下水中污染物和微生物分布特征; 通过室内实验选育硝酸盐还原和硫酸盐还原等耐酸性微生物菌群; 开展“异位生物修复”、“原位生物修复”以及“异位-原位协同生物修复”集成技术室内小试研究, 建立“异位-原位协同生物修复”工艺模型, 并进行现场中试验证, 获得 1 套高效酸法地浸采铀退役采区地下水环境修复的新方法和新工艺, 使处理后水体 pH 值 $\geq 5.5$ ,  $\text{NO}_3^- \text{-N} \leq 30 \text{ mg/L}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \leq 350 \text{ mg/L}$ ,  $\text{U}^{6+} \leq 0.5 \text{ mg/L}$ 。根据技术路线, 本项目共分为以下五个研究专题, 见表 6.1-1。

表 6.1-1 本项目研究内容一览表

专题	名称	研究内容简介
一	地下水污染现状补充调查与污染物分布特征研究	<p>①退役采区地下水动力场特征研究 地下水中的污染物浓度及其迁移特征与地下水动力条件, 即地下水流速、流向等密切相关, 为查明污染物所形成的地下水动力条件, 需要对退役采区地下水水动力场特征进行研究。</p> <p>②地下水中污染物与微生物分布特征研究 开展污染物分布特征包括空间分布和时间演化特征研究, 为地下水修复现场验证时选取修复区提供科学依据。通过目标水体中不同区块土著微生物分布特征研究, 为原位生物处理提供可利用的微生物, 为地下水的生物修复条件提供评判依据。</p> <p>③退役采区修复验证试验块段的确定 根据退役采区地下水水动力场、水化学场特征调查与研究, 在确定当前条件下地下水中污染物与微生物分布特征的基础上, 确定地下水修复试验块段。</p>
二	菌种/菌群选育及生长特性研究	<p>①菌种/菌群选育 研究内容包括: 采样点选择与确定, 培养基选择与确定, 菌种富集、分离纯化与鉴定。</p> <p>②菌种/菌群生长特性研究 研究内容包括: 菌种还原能力研究、菌种最佳生长条件确定、最适经济碳源选择研究、最大比还原速率的确定。</p> <p>③URB/DNB/SRB 菌群组合研究 对不同来源的 URB/DNB/SRB 进行组合, 筛选出适应性和稳定性最强的菌种组合 (最佳菌群)。</p> <p>④菌群对研究目标水体的适应性研究 对菌群进行原水逐级驯化, 使其适应目标废水 (pH 值、各类重金属等环境)。</p>
三	异位处理工	①硝酸盐还原工艺参数优化

	艺研究	<p>以修复区地下水为原水，以实验室获得的 DNB 为菌源，在连续运行的还原罐反应器中考察培养工艺参数对硝酸盐还原效果的影响，获得最佳工艺条件。</p> <p>②硫酸盐还原和铀沉积工艺参数优化</p> <p>以硝酸盐还原的出水为进水水源，以实验室获得的 SRB/URB 为菌源，在连续运行的反应器中，考察硫酸盐还原和铀沉积效果的影响，获得最佳工艺条件。</p>
四	原位生物修复工艺研究	<p>①原位生物修复影响因素研究与工艺参数确定</p> <p>影响原位生物修复的水化学因素：考察一维管模拟含矿层体系中异位处理硫酸盐、铀和硝酸盐去除效果的影响。</p> <p>影响原位修复的工艺参数：考察异位处理后进水对一维管岩芯中硫酸盐、硝酸盐和铀去除效率的影响，在此基础上确定异位处理的 pH 值及碳源添加参数。</p> <p>②主要污染物迁移特征模拟研究</p> <p>根据一维管模拟试验结果，结合含矿层水动力与水化学参数，对一维管内水动力、水化学场进行模拟，获取设定条件下特征污染因子（硫酸盐、硝酸盐和铀）的迁移过程。</p>
五	“异位-原位协同生物修复”技术集成	<p>①试验块段单元及钻孔设计</p> <p>根据选定的试验块段所在区域的水文地质条件以及原地浸生产状况，设计试验单元布局以及钻孔分布与成井工艺。</p> <p>②试验块段地质与水文地质条件</p> <p>根据岩芯地质编录及物探测井，研究试验块段地层结构、岩性特征，构建地层三维数字模型；开展水文地质试验，获取试验块段修复目标含水层的渗透系数、储水率以及弥散系数等水文地质参数，构建试验块段水文地质模型。</p> <p>③异位处理体系的构建及扩大试验</p> <p>基于硝酸盐还原反应器和硫酸盐还原反应器的研究成果，构建连续处理体系及小试装置，优化工艺参数。在此基础上，开展吨级现场试验中试验验证。</p> <p>④原位修复试验现场验证</p> <p>研究内容包括：原位修复工艺参数的进一步优化，监测孔中 <math>\text{NO}_3^-</math>、<math>\text{SO}_4^{2-}</math> 和 <math>\text{U}^{6+}</math> 浓度及还原菌密度等监测与分析，原位修复流量及地下流场调控。</p> <p>⑤“异位-原位协同生物修复”技术集成</p> <p>根据现场修复试验结果，建立模型进行集成推演，获得优化工艺参数，为今后的修复工作提供依据。综合考虑异位-原位处理的效果与成本，对现场试验进行综合技术经济评价，根据评价结果调整优化异位-原位协同修复集成工艺参数，获得较合理的技术解决方案</p>

本项目专题一“地下水污染现状补充调查与污染物分布特征研究”只涉及地下水水位监测、地下水样品采集，无现场工程建设内容。

专题二“菌种/菌群选育及生长特性研究”为从退役采区富集分离还原菌，并进行选育和驯化，构建用于地下水修复的菌群。其样品的采集与专题一调查同步进行，选育驯化等

工作均在东华理工大学实验室进行。

专题三“异位处理工艺研究”、专题四“原位生物修复工艺研究”和专题五“异位-原位协同生物修复技术集成”的前期小试实验在东华理工大学实验室进行，中试试验在七三七厂 C3 采区新建的中试厂房进行，此外，中试试验需施工 13 眼钻孔和 1 间集控室用于现场试验研究。

东华理工大学的核资源与环境国家重点实验室为省部共建实验室，是我国核资源与环境领域目前唯一的一个国家重点实验室，于 2018 年 10 月 24 日批准立项建设。实验室围绕国家核能开发和生态文明建设发展战略，立足江西铀资源大省的区域特色，重点围绕“铀成矿理论与勘查方法”、“铀矿采冶方法与技术”、“核废物处置与环境治理”3 个方向开展基础研究、应用基础研究和技术创新。本项目实验室研究主要依托核资源与环境国家重点实验室开展，核资源与环境国家重点实验室持有辐射安全许可证，具有放射性废物处置能力。因此，本次评价重点为专题三~专题五的现场试验部分。

## 6.2 工程内容

根据研究需求，本项目的工程内容主要包括钻孔、中试厂房及集控室。

### 1) 钻孔

根据研究需求，本项目在 C3 采区共施工 13 眼钻孔，钻孔深度 130-140m，均位于 C3 采区内部，用于开展源项调查和现场修复试验。

### 2) 建构筑物

本项目在试验现场布置中试厂房 1 座、井场集控室 1 间，紧邻现有 C3 采区西侧边界布置。中试厂房占地面积 200m<sup>2</sup>，集控室占地面积 100m<sup>2</sup>，用于开展现场中试试验。

本项目现场不设生活设施，试验人员的住宿、用餐等依托于新疆中核天山铀业有限公司七三七厂的职工生活区。

## 6.3 工艺流程

### 6.3.1 钻孔施工工艺

本项目钻孔施工采用切割开窗式内置过滤器结构钻孔工艺，分一次井和二次井施工。一次井施工程序及井结构：Φ215mm 裸孔一径到底钻，钻探深度至设计矿层底部 3m 处，测井；裸孔内安装 Φ152×12.8mmPVC 套管，套管外环空全孔段逆向注水浆固井。二次井施工程序及井结构：切割产层段套管、水泥环和原裸孔壁；清水洗井；安装 Φ100mm 不锈钢夹网内置过滤器，内置过滤器上端装密封套，用来密封内置过滤器与井管间的环缝；中部位置装锚爪，作用是将过滤器锚卡在切割段上缘台阶处；中下位置装逆向填砾装置，为一单向阀，用于控制砾料流向；下端装 2m 沉砂管；过滤器外填砾。



### 6.3.3 地下水修复工艺

本项目地下水修复技术采用异位-原位协同生物修复技术。根据室内技术集成工艺参数，开展现场处理规模的试验验证，并进行技术经济评价，进一步优化集成工艺参数，形成一套适合原地浸出采铀地下水的“异位-原位协同生物修复”工艺。其中，现场试验包括异位处理和原位修复两部分。异位处理现场试验分为吨级扩大试验及现场验证试验两个阶段进行主要开展中试规模的验证试验。

#### 1) 异位处理现场中试验验证试验

##### (1) 异位处理吨级现场扩大试验

在现场中试试验室内设置 2 个平行的硝酸盐还原罐，4 个平行的硫酸盐还原罐，共 6 个。还原罐装置均选用圆形 UPVC 柱，直径为 1m，高度为 3m，有效容积 2m<sup>3</sup>。柱内从下往上每 70cm 高的位置加装 1 个隔板，隔板上设置 2 个过水孔和一个搅拌轴孔。

以实验室小试挂膜载体中的细菌作为菌源，以现场实际目标地下水作为原水，依靠还原罐出水回流和外加碱度调整 pH 值，启动 6 组还原罐细菌培养驯化与挂膜。还原罐依靠高位水箱定量控制连续进水，依靠蠕动泵进行出水回流、碳源投加和碱度投加。运行期间，定时检测 COD、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Eh 值和 pH 值等指标，考察硝酸盐还原率、硫酸盐还原率、U<sup>6+</sup>还原率、碱度平衡和剩余污泥产量等参数的变化规律。确定现场吨级三级处理系统的脱氮、脱硫和铀沉积处理效果，以及处理能力的持续性和稳定性，获得现场吨级异位处理优化工艺参数。

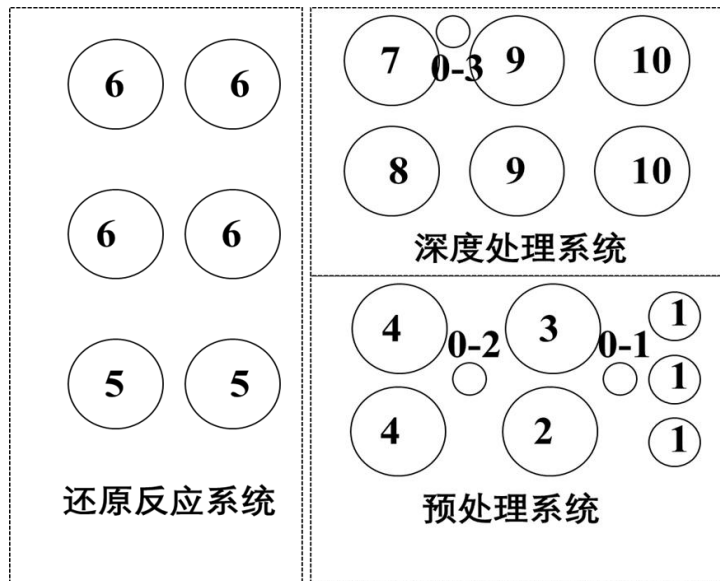
##### (2) 异位处理现场验证试验

在现场异位处理吨级扩大实验室小试试验基础上，根据获得的优化工艺参数，设计现场异位处理中试验验证试验方案，完成异位处理中试验验证试验装置的设计与加工制作。

试验装置包含加药部分、预处理系统、还原系统和深度处理系统，如图 6.3-1。其中，预处理系统（实现铀吸附和中和沉淀）包括：离子交换柱、一级搅拌混凝罐、一级沉淀罐和一级储液罐。搅拌混凝罐、沉淀罐和储液罐为 PE 材质，有效容积均为 10m<sup>3</sup>。还原系统（实现硝酸盐还原和硫酸盐还原）包括：反硝化还原罐和硫酸盐还原罐，共设置 2 组，均为 PE 材质的塑料桶。每组由 1 个 10m<sup>3</sup> 的反硝化罐和 2 个 10m<sup>3</sup> 的硫酸盐还原罐串联；深度处理系统（实现颗粒物混凝沉淀和有机物深度去除）包括：二级搅拌混凝罐、二级沉淀罐、好氧罐和二级储液罐，每个反应均为 PE 材质，有效容积均为 10m<sup>3</sup>。前述 2 个搅拌罐罐顶加装电动搅拌装置，2 个沉淀罐罐底设置为倒锥形。运行期间，通过水泵提升地下水，其流量通过流量计定量控制。

以吨级试验实验室挂膜填料上的细菌作为菌源，将 6 个还原罐分成 2 组进行连续运

行，以现场实际目标地下水作为原水，从抽液孔抽出的地下水首先进入离子交换柱脱除地下水中的铀，随后进入一级搅拌混凝罐内加碱混凝，搅拌混凝后的出水进入沉淀罐内泥水分离，上清液进入一级储液罐。在一级储液罐内利用水泵将地下水泵入各组还原反应装置，还原反应结束后的出水进入二级搅拌混凝罐和二级沉淀罐，完成出水污泥的混凝沉淀和泥水分离。二级沉淀罐的出水进入好氧罐进行好氧深度处理，去除出水中残留的有机物。好氧处理出水进入二级储液罐，在储液罐内设置水泵，一部分出水泵入前端一级搅拌混凝罐用于中和进水酸度，一部分出水泵入采区注液孔。沉淀池内沉淀的脱落生物膜有机污泥依靠静水压力排入污泥罐，在污泥罐内厌氧停留 10d 后，泵入还原系统作为碳源循环使用。



0-1, 碱液加药桶, 0-2, 碳源加药桶, 0-3 混凝剂加药桶, 1 离子交换柱, 2 一级搅拌混凝罐, 3 一级沉淀罐, 4 储液罐, 5 反硝化还原罐, 6 硫酸盐还原罐, 7 二级搅拌混凝罐, 8 二级沉淀罐, 9 好氧罐, 10 二级储液罐

图 6.3-1 异位处理现场验证试验装置

运行期间，定时检测 COD、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Eh 值、pH 值等指标，调整优化运行工艺参数，考察硝酸盐还原率、硫酸盐还原率、U<sup>6+</sup>还原率、碱度平衡和剩余污泥产量等参数的变化规律。确定三级处理系统的脱氮、脱硫和铀沉积处理效果，以及处理能力的持续性和稳定性，获得现场异位处理优化工艺参数。

## 2) 原位生物修复现场试验

在 512 矿床 3 号采区选择有代表性的区块作为原位修复试验块段。施工 13 个钻孔，结合现有钻孔，按“六注一抽”的“七点式”井型，布置 3 个抽注单元钻孔布置如图 6.3-3 所示。

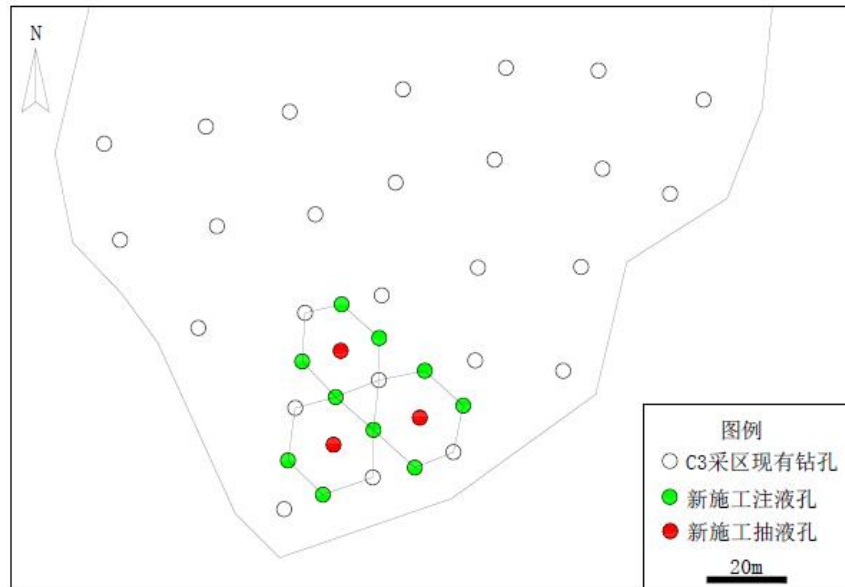


图 6.3-3 现场试验钻孔布置示意图

根据实验室微生物处理试验研究结果、水文地质参数和初步建立的原位生物修复工艺模型，异位装置所产生的出水和悬浮细菌作为原位修复的菌源全部注入地下水。在异位处理水（异位处理水中携带一定量的碳源和还原菌）回注一定时间后，即试验区含矿层水体 pH 值升高至添加碳源的临界 pH 值时，启动原位处理，开展  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{U}^{6+}$  浓度及还原菌密度等监测与分析，根据监测结果，必要时向含水层中补充碳源和还原菌，开展原位修复流量及地下流场调控，实现异位-原位处理的协同作用。

原位修复试验拟开展 300-500d，过程中定期取样分析目标污染物浓度，当污染物浓度下降较缓慢出水不能达到指标时，为加快进程，可再次启动异位处理工艺，以加速污染物的去除。分析试验孔含矿含水层污染水体的主要化学成份，作为试验前后对比的背景值。修复区水体处理后达到以下指标： $\text{pH}$  值 $\geq 5.5$ ， $\text{NO}_3^-$ -N $\leq 30$  mg/L， $\text{SO}_4^{2-}$  $\leq 350$  mg/L， $\text{U}^{6+}$  $\leq 0.5$  mg/L。

#### 6.4 总平面布置

本项目拟在 C3 采区利用现有生产孔的基础上，开展源项调查和地下水修复现场试验，补充施工 13 眼采区内部钻孔。其中，抽液孔 3 眼，注液孔 10 眼。此外，本项目在 C3 采区西边侧新建中试厂房 1 座，集控室 1 间。本项目总平面布置图见图 6.4-1。

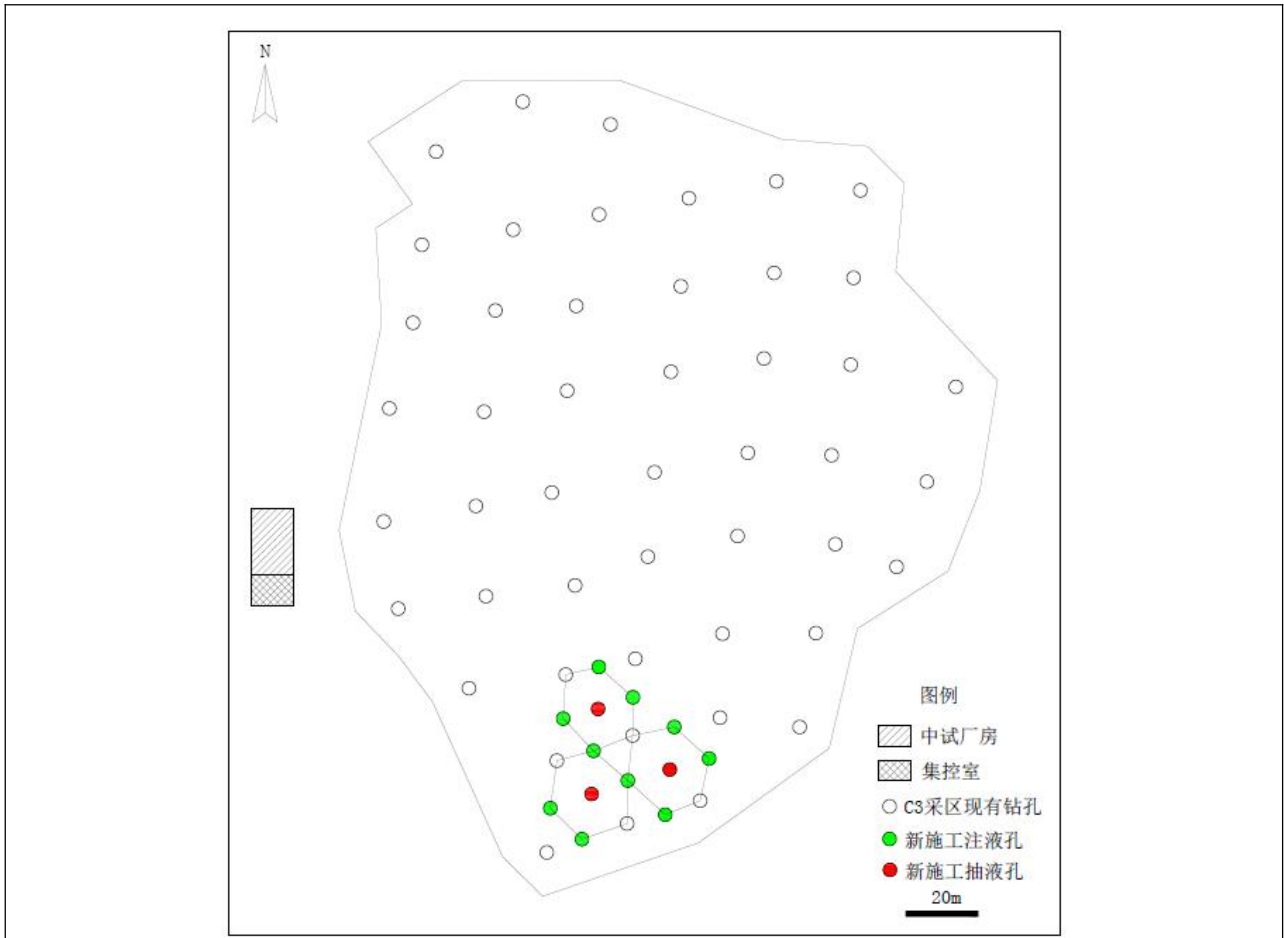


图 6.4-1 试验现场总平面布置图

## 6.5 主要设备材料

本项目主要设备材料见表 6.5-1。

表 6.5-1 主要设备材料一览表

序号	名称	规格/型号	计量单位	数量
1	菌液培养罐、储罐	10m <sup>3</sup>	个	16
2	离子交换柱	/	个	2
3	压力储罐	5L, 0.6MPa	台	5
4	注液孔口装置	/	套	10
5	抽液孔口装置	/	套	3
6	潜水泵电缆	/	m	450
7	潜水泵地表电缆		m	600
8	蠕动泵	BT100-2J/YZ2515	台	20
9	水化学在线监测传感器	pH、Eh、压力传感器	套	10
10	玻璃转子流量计	LZB-40(液体)	台	50
11	化工泵	Q50m <sup>3</sup> /h, H50m, 316L	台	5
12	化工泵	Q50m <sup>3</sup> /h, H20m, 316L	台	3
13	防腐塑料泵	Q50m <sup>3</sup> /h, H10m	台	10

14	不锈钢潜水泵	Q10m <sup>3</sup> /h, H200m, 316L	台	4
15	不锈钢污水泵	Q10m <sup>3</sup> , H15m, 316L	台	5
16	电磁流量计	DN32	台	25
17	电磁流量计	DN65	台	1
18	离心通风机	风量 4000-8000m <sup>3</sup> /h	台	4
19	主电力电缆	铠装电缆, 3*95+1	m	300
20	地表设施电线电缆	3*4+1, 4mm <sup>2</sup> 、2.5mm <sup>2</sup> 单股铜芯	批	1
21	高压 PE 管	φ50	m	1000
22	高压 PE 管	φ40	m	200
23	UPVC 管材;	φ40~φ110 管及阀门	批	1

## 6.7 主要原辅材料来源及用量

本项目现场试验所需要的主要原、辅材料是片碱、碳源等，用量见表 6.7-1。

表 6.7-1 本项目主要原、辅材料耗用明细表

序号	材料费名称	单位	耗用量
1	片碱	t	2
2	碳源（废蜜糖）	t	500
3	微生物培养试剂	批	1
4	微生物鉴定试剂	批	1
5	复合载体材料	m <sup>3</sup>	240

## 6.8 污染物产生及治理

本项目污染物产生阶段包括施工期和试验期。其中，施工期产生的大气污染物主要为施工扬尘，废水主要施工废水和生活污水，固体废物包括钻井泥浆、废机油、建筑垃圾以及生活垃圾，噪声主要为施工噪声。试验期产生的气载流出物主要为中试厂产生的氨，废水主要为试验废水，固体废物主要为废水处理残渣，噪声主要为试验设备噪声。

### 6.8.1 施工期

#### 6.8.1.1 废气

##### 1) 燃油废气

本项目施工期钻孔施工以柴油发电机为动力，会产生一定的燃油废气。本项目预计使用 1 台燃油发电机逐孔施工，发电机功率为 170kw，单位时间耗油体积约 9.2L/h，柴油密度按 0.85kg/L 计，则单台发电机单位时间耗油量约 7.82kg/h，主要污染物为 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物。

根据《环境影响评价工程师执业资格登记培训教材（社会区域）》，每升柴油的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物的排放系数分别为 4g/L、2.56g/L 和 0.714g/L，故单台燃油发电机 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物的排放速率分别为 36.8g/h、23.6g/h 和 6.57g/h。单台发电机单位耗油废气产生量约 20m<sup>3</sup>/kg，耗油量约 7.82kg/h，则单台发电机单位时间排气量约 156.4m<sup>3</sup>/h，故 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>

和颗粒物的排放量分别为 0.0368kg/h、0.0236kg/h 和 0.0066kg/h，排放浓度分别为 235mg/m<sup>3</sup>、151mg/m<sup>3</sup> 和 42mg/m<sup>3</sup>。

## 2) 扬尘

施工扬尘主要产生在平整土地、挖土填方、建造建构筑物时，将造成施工场地局部扬尘产生。将采取合理安排施工计划，避免在大风天气下进行开挖作业，并在施工场地采用洒水、围挡等抑尘措施使得扬尘产生量满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）限值要求。

### 6.8.1.2 废水

本项目施工期产生的废水主要为施工废水和生活污水。

施工废水主要为设备冲洗废水，水中污染物主要为悬浮物、泥沙等，产生量较少，用于场地洒水抑尘。

施工期生活污水主要为生活杂用水及盥洗废水，主要污染物包括 BOD、COD 和 SS。钻探施工人员配备寝车，每个钻孔施工人数为 4 人，单个钻孔施工周期为 7~10 天。生活用水按 20L/人天计算，排污系数取 0.80，则施工期生活污水产生总量为 0.064m<sup>3</sup>/d，在寝车收集后运至七三七厂生活区统一处理。

### 6.8.1.3 噪声

本项目施工期噪声主要来源于钻机、泥浆泵、除砂机、搅拌机、柴油发电机等在运行、作业过程中产生的各种噪声，主要设备及声功率见表 6.8-3。

表 6.8-3 主要设备声功率表

序号	设备	型号	声功率/台 dB (A)
1	钻机	HXY-2000	<90
2	除砂机、泥浆泵、搅拌机	NBB250	<90
3	柴油发电机	GT-170、GT-150	<100

本项目试验期噪声源主要为各种泵类，单机噪声源强均小 100dB (A)。对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施。噪声源强经处理后在厂界可以达到《建筑施工厂界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准。

### 6.8.1.4 固体废物

本项目施工期固体废物主要为钻孔施工时产生的钻井泥浆、废机油、建筑垃圾及施工人员的生活垃圾。

#### 1) 钻井泥浆

施工期产生的钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，钻孔施工过程中平均单个钻孔

产生泥浆量约 4.54m<sup>3</sup>，总量保守估算约为 59.02m<sup>3</sup>。在钻进过程中，含矿含水层岩芯（直径 70mm）全部取出供室内实验使用。512 铀矿床平均品位为 0.03%，矿体厚度 5m，浸采率按 75%计，经计算矿段残余 U<sub>天然</sub>含量为 75mg/kg，非矿段 U<sub>天然</sub>含量类比 512 铀矿床勘查过程钻井泥浆的监测数据 U<sub>天然</sub>含量范围值为 1.94~2.72mg/kg，保守取 2.72mg/kg。经计算，本项目产生的混合泥浆中 U<sub>天然</sub>含量为 5.30mg/kg。

钻井施工过程中，钻井泥浆循环利用。在每个钻机台设置沉淀池、循环池及废渣池，各池体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理，并在施工区机台至池体之间设置泥浆循环槽，流道平整，保障泥浆不外溢。泥浆首先经循环槽进入泥浆沉淀池，在泥浆沉淀池内经旋流除砂机分选除砂，将上部含小颗粒岩屑的泥浆排入泥浆循环池回用于钻探，下部大颗粒岩屑经振动脱水后排入废渣池。施工结束后，钻井泥浆经压滤脱水成泥饼，泥饼与废渣池内的大颗粒岩屑一同运至七三七厂蒸发池集中处理。

## 2) 废机油

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，产生量约为 0.001t/孔，产生总量约为 0.013t。根据《国家危险废物名录》（2021 年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08，本项目废机油产生量较少，由施工单位设专用桶收集，用于钻机设备传动、润滑等，尽量回收利用，废机油仍有剩余时，交由具备危险废物处置资质的单位处置。

## 3) 建筑垃圾

施工期中试厂房及集控室建设时会产生建筑施工废物和建筑垃圾，送至指定的建筑垃圾堆存处，最终统一送建筑垃圾处理场。

## 4) 生活垃圾

施工期会产生少量生活垃圾，按照每人 0.5kg/d 计算，施工人数 10 人，最大产生量约 5kg/d，在施工现场设立垃圾收集处，对产生的各类生活垃圾按照相关要求统一分类收集，定期运送至七三七厂生活区处理。

## 6.8.2 试验期

### 6.8.2.1 废气

#### 1) 含放射性气载流出物

本项目在中试厂房内以终采区现场实际目标地下水作为原水，开展地浸采区异位-原位协同生物修复现场验证试验。因此，在中试厂房将产生一定量的氡及其子体，采取全面通风措施后排至大气扩散稀释。

根据本项目试验计划，试验期间地下水最大处理量为 4.8 万 m<sup>3</sup>/a。根据 512 铀矿床勘查报告含矿含水层中地下水水文地球化学监测数据，该区域地下水中的 <sup>222</sup>Rn 范围值为

80.89~543.93Bq/L, 保守取 543.93Bq/L, 且保守考虑抽出液中的  $^{222}\text{Rn}$  全部在中试厂房释放, 经计算, 中试厂房氡气释放量为  $2.61 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

## 2) $\text{H}_2\text{S}$ 气体

本项目将在中试厂房内开展适用于地下水修复的微生物还原剂与微生物功能菌剂研究, 拟选择的微生物为硝酸盐还原菌和硫酸盐还原菌, 在试验过程中将会产生一定量的  $\text{H}_2\text{S}$  气体, 采取全面通风措施后排至大气扩散稀释。类比同类实验, 实验室臭气强度为 2,  $\text{H}_2\text{S}$  气体浓度约为  $0.0056 \text{mg/m}^3$ 。中试厂房总排风量为  $12600 \text{m}^3/\text{h}$ , 则  $\text{H}_2\text{S}$  气体释放量约为  $7.06 \times 10^{-5} \text{kg/h}$ 。

### 6.8.2.2 废水

#### 1) 试验废水

本项目从地下抽出的所有出水进入异位处理装置 (菌液培养装置), 经异位培养后全部注入井孔, 作为地下水原位修复处理的菌源, 异位处理装置不产生试验废水。本项目产生的试验废水主要为测试废液及玻璃器皿的清洗废水, 污染物产生量约为  $0.02 \text{m}^3/\text{d}$ , 污染物主要为  $\text{U}_{\text{天然}}$ 、COD, 在中试厂房指定专用的容器中收集后运送至七三七厂分析化验室, 与其它实验室废物一同外送置。

#### 2) 生活污水

试验期产生的非放射性废水主要为试验人员的生活污水, 主要污染物为 COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$  等。试验期新增试验人员 4 人, 生活用水按  $20 \text{L}/\text{人天}$  计算, 排污系数取 0.80, 则试验期生活污水最大产生总量为  $0.064 \text{m}^3/\text{d}$ 。本项目试验人员的住宿、用餐等依托于七三七厂生活区。因此, 产生的生活污水也依托七三七厂生活区一同处理。

### 6.8.2.3 噪声

本项目主要噪声源中试试验室内的风机、泵类、离心机等设备运行时产生的噪声, 噪声值约为  $60 \sim 70 \text{dB (A)}$ 。

对于噪声的防治, 各种设备均选用低噪声环保设备, 对风机、水泵及空压机等均采取了有效的隔声、减震措施。噪声源强经处理后在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准, 即昼间  $\leq 60 \text{dB (A)}$ , 夜间  $\leq 50 \text{dB (A)}$ 。

### 6.8.2.4 固体废物

本试验异位装置 (菌液培养) 的工艺过程所产生的出水和悬浮细菌全部注入地下水, 作为原位修复的菌源, 生物膜脱落形成的固体污泥, 在池底发酵分解为有机组分后, 也被用于菌液培养的碳源, 因此, 本试验工艺过程不排放固体废弃物。本项目试验期产生的固体废物主要是废弃试验材料及生活垃圾等。



### 1) 废弃试验材料

本项目试验过程中，会产生少量的废旧试剂瓶、一次性实验用品（滤纸、滤膜、移液枪头、注射器、手套、口罩）等废弃试验材料，产生量约 0.2kg/d，在指定专用的容器中收集后运送至七三七分析化验室，与其它实验室废物一同外送置。

### 2) 生活垃圾

试验期非放射性固体废物主要为试验人员产生的生活垃圾。新增试验人员 4 人，生活垃圾最大产生量约 2kg/d，依托七三七厂生活区一同处理。

### 7 项目主要污染物产生及预计排放情况

		排放源（编号）	污染物名称	处理前产生浓度及产生量	排放浓度及排放量
废气	施工期	燃油废气	SO <sub>2</sub>	排放量：0.0368kg/h 排放浓度：235mg/m <sup>3</sup>	排放量：0.0368kg/h 排放浓度：235mg/m <sup>3</sup>
			NO <sub>x</sub>	排放量：0.0236kg/h 排放浓度：151mg/m <sup>3</sup>	排放量：0.0236kg/h 排放浓度：151mg/m <sup>3</sup>
			颗粒物	排放量：0.0066kg/h 排放浓度：42mg/m <sup>3</sup>	排放量：0.0066kg/h 排放浓度：42mg/m <sup>3</sup>
		施工场地	颗粒物 TSP	最大落地浓度： <1.0mg/m <sup>3</sup>	洒水抑尘
	试验期	中试厂房	<sup>222</sup> Rn	2.61 × 10 <sup>10</sup> Bq/a	稀释扩散
		H <sub>2</sub> S	排放量：7.06 × 10 <sup>-5</sup> kg/h 排放浓度：0.0056mg/m <sup>3</sup>	稀释扩散	
废水	施工期	设备冲洗水	悬浮物、泥沙	少量	场地自然蒸发
		生活污水	COD、NH <sub>3</sub> -N	0.064m <sup>3</sup> /d	寝车收集后运送至七三七厂生活区
	试验期	试验废水	U <sub>天然</sub> 、 <sup>226</sup> Ra、 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 等	0.02m <sup>3</sup> /d	与七三七厂分析化验室废水一同外送处理
		生活污水	COD、NH <sub>3</sub> -N	0.064m <sup>3</sup> /d	七三七厂生活区
固体废物	施工期	钻孔场地	钻井泥浆	59.02m <sup>3</sup>	运至七三七厂蒸发池
		废机油	—	0.013t	专用桶收集，回收利用，剩余部分交由具备危险废物处置资质的单位处置
		施工人员	生活垃圾	2kg/d	寝车收集后运送至七三七厂生活区
		废弃试验材料	滤纸、手套等	0.2kg/d	与七三七厂分析化验室废水一同外送处理
		施工场地	建筑垃圾	—	堆存后统一送建筑垃圾处理场
		施工人员	生活垃圾	5kg/d	七三七厂生活区
噪声	施工期	钻机、发电机、泥浆泵	设备运行时产生的噪声值<100dB（A）		
	试验期	地表废水处理设备设施	设备运行时产生的噪声值<90dB（A）		

#### 主要生态影响

本项目在施工期场地平整和建设活动将占压破坏地表植被，扰动表层土壤结构，使表层土壤松散，裸露，原有自然稳定状态遭到破坏，在重力作用和降雨情况下容易引起水土流失。

## 8 环境影响分析

### 8.1 施工期环境影响分析

#### 8.1.1 大气环境影响分析

本试验拟在七三七厂现有 C3 采区内部布设试验钻孔 13 眼，建设中试厂房和集控室各 1 座，在施工前场地平整、中试厂房及集控室建设、挖填土方过程中会产生一定量的扬尘；钻机采用燃油发电机作为动力，柴油作为动力燃料，运行过程中会产生燃油废气，主要污染物为 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物。

##### 1) 施工扬尘环境影响分析

本项目同一时间段内只进行单个钻井的打孔作业，场平时间较短；中试厂房能在短时间内建设完成，建设工程量不大。在采取及时回填、洒水等措施，并避免大风天气施工，施工期扬尘产生量较小，影响范围不大，不会对周边环境产生明显影响。

##### 2) 燃油废气环境影响

试验钻井分批次进行，同一时间段内只有一台钻机进行打孔作业，单个调查井完成时间约为 5d。本项目柴油发电机单机功率为 170kw，单位时间油耗为 9.2L/h，柴油密度按 0.85kg/L 计，则单台发电机单位时间耗油量约 7.82kg/h。根据《环境影响评价工程师执业资格登记培训教材（社会区域）》，每升柴油的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物的排放系数分别为 4g/L、2.56g/L 和 0.714g/L，以此计算运行过程中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物排放情况见表 8.1-1。

表 8.1-1 钻机柴油发电机废气排放参数

项目 污染物	废气量 m <sup>3</sup> /h	排气筒内 径 m	尾气温度 ℃	排气筒 高度 m	排放速率 kg/h	排放浓度 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	156.4	0.05	180	3	0.0368	235
NO <sub>x</sub>					0.0236	151
颗粒物					0.0066	42

采用 AERSCREEN 估算模式对施工期废气排放的环境影响进行估算的结果见表 8.1-2。由表中数据可以看出，本项目施工期柴油发电机排放的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 以及颗粒物的最大落地浓度均出现在 43m 处，最大落地浓度分别为 32.98μg/m<sup>3</sup>、21.15μg/m<sup>3</sup> 以及 5.91μg/m<sup>3</sup>，最大落地浓度占标率均小于 10%，对周边环境影响较小。

表 8.1-2 施工期柴油发电机废气环境影响估算

距离(m)	SO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		颗粒物	
	浓度 μg/m <sup>3</sup>	占标率 (%)	浓度 μg/m <sup>3</sup>	占标率 (%)	浓度 μg/m <sup>3</sup>	占标率 (%)
10	11.14	2.23	7.15	2.86	2.00	0.67
<b>43</b>	<b>32.98</b>	<b>6.60</b>	<b>21.15</b>	<b>8.46</b>	<b>5.91</b>	<b>1.97</b>
50	32.01	6.40	20.53	8.21	5.74	1.91
100	24.04	4.81	15.42	6.17	4.31	1.44
300	12.51	2.50	8.02	3.21	2.24	0.75
500	8.62	1.74	5.53	2.21	1.54	0.52
1000	5.98	1.20	3.83	1.53	1.07	0.36
2000	3.73	0.75	2.39	0.96	0.67	0.22
3000	2.74	0.55	1.76	0.70	0.49	0.16
5000	2.15	0.43	1.38	0.55	0.38	0.13

### 8.1.2 声环境影响分析

#### 1) 钻孔施工噪声预测

##### (1) 预测模式

本项目所处区域为声环境 2 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）原则，确定本项目声环境影响评价工作等级为二级，确定声环境影响评价范围为厂界外 200m。

本项目利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影响预测，该软件以《环境影响评价技术导则声环境》（HJ 2.4-2021）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射。噪声预测参数见表 8.1-3。

表 8.1-3 噪声预测参数

源强 dB (A)			声源高度 (m)	声场种类
钻机	柴油发电机	泥浆泵		
100	100	90	1.0	半自由声场

##### (2) 预测结果

经预测，施工噪声影响等值线分布情况见图 8.1-1，距钻井施工场地不同距离处的噪声贡献值见表 8.1-4。由预测结果可知，距离钻井施工厂界四周 200m 处，钻井施工噪声贡献值最大为 40.66dB (A)。本次试验所在采区井场与最近的居民点之间的距离为 2.29km，距离较远，经距离衰减，钻井噪声不会对周边居民正常生活产生影响；且本项目周边没有自然保护区分布，故施工期噪声不会对周边环境产生明显影响。

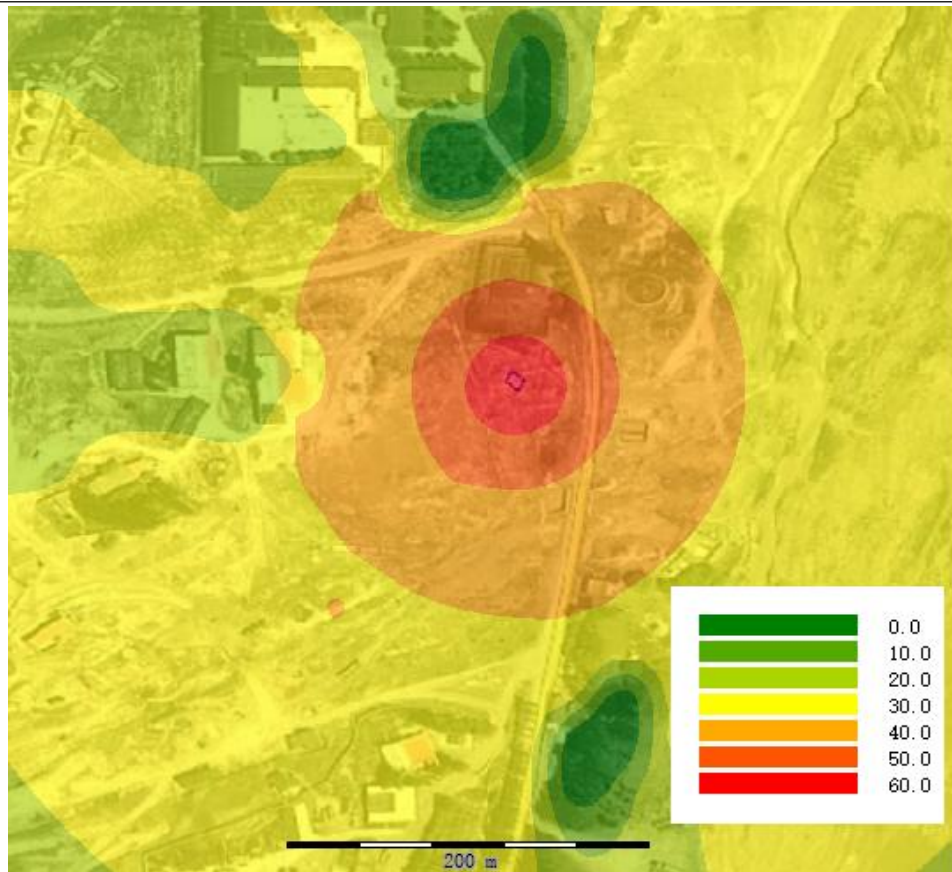


图 8.1-1 施工期噪声影响声级图（单位 dB(A)）

表 8.1-4 距钻井施工场地不同距离处噪声贡献表

序号	距离	噪声贡献值 dB(A)
1	50	54.24
2	100	46.83
3	150	42.88
4	200	40.66

### 3) 噪声防治措施

- (1) 合理安排施工作业时间，尽量避免高噪声设备同时施工；
- (2) 降低设备声级，尽量选用低噪声机械设备或带隔声、消声的设备，同时做好施工机械的维护和保养，有效降低机械设备运转的噪声源强；
- (3) 合理安排强噪声施工机械的工作频次，合理调配车辆来往行车密度；
- (4) 做好劳动保护工作，为强噪声源周围的施工机械操作人员配备耳塞或耳罩等必要的劳动防护用品。

### 8.1.3 地表水环境影响分析

施工期生产废水包括施工废水和生活污水。

施工废水主要为设备冲洗废水，产生量较少，用于场地洒水抑尘；生活污水主要为施工期作业人员产生的生活杂用水及盥洗废水，钻探施工人员配备寝车，并配有简易旱厕，

生活污水在寝车收集后就近运至七三七厂生活区统一处理。因此，本试验施工期废水不外排，不会对项目周边的地表水环境产生明显影响。

#### 8.1.4 地下水环境影响分析

本项目在生产孔施工过程中以膨润土为护壁剂，膨润土主要成分为蒙脱石，不含有害矿物组分，对地下水环境无害。膨润土遇水后具有吸附性、膨胀性和造浆性，钻探过程中可以快速在孔壁表面形成致密坚硬、隔水性能强、薄而润的保护膜，实现钻孔护壁堵漏。在试验孔钻孔结束后，将过滤器和沉沙管安装至设计矿层段，采用逆向水泥注浆进行固井封孔，注浆完毕后采用物探温度测井和物探电流测井技术，来确定止水层稳定状况及水泥浆固孔质量，可有效切断地下各含水层之间在孔内产生水力联系，预防可能产生的水质污染。因此，施工期基本不会对上含水层地下水水质产生影响。

#### 8.1.5 固体废物环境影响分析

##### 1) 钻井泥浆

施工期产生的钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，钻孔施工过程中平均单个钻孔产生泥浆量约 4.54m<sup>3</sup>，总量保守估算约为 59.02m<sup>3</sup>，泥浆中 U<sub>天然</sub> 含量为 5.30mg/kg。在钻进过程中，含矿含水层岩芯（直径 70mm）全部取出供室内实验使用。

钻井施工过程中，钻井泥浆循环利用。在每个钻井机台设置沉淀池、循环池及废渣池，各池体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理，并在施工区机台至池体之间设置泥浆循环槽，流道平整，保障泥浆不外溢。泥浆首先经循环槽进入泥浆沉淀池，在泥浆沉淀池内经旋流除砂机分选除砂，将上部含小颗粒岩屑的泥浆排入泥浆循环池回用于钻探，下部大颗粒岩屑暂存于废渣池。施工结束后，钻井泥浆与废渣池内岩屑一同运至七三七厂蒸发池集中处理。

##### 2) 废机油

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，产生量约为 0.001t/孔，产生总量约为 0.013t。

根据《国家危险废物名录》（2021 年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。为避免免油污散落地表，在机械维修过程中，在底部铺设高强度塑料布承接油污，并在操作完成后由废机油专用桶收集，本项目废机油产生量较少，由施工单位设专用桶收集，废机油专用桶暂存于施工场地内的柴油桶储存区，用于钻机设备传动、润滑等，尽量回收利用，废机油仍有剩余时，交由具备危险废物处置资质的单位处置。该区域远离施工人员井场活动的场地，四周设有围堰，底部铺设防渗膜，且日常安全巡视检查，保障油桶及底部防渗膜完好无破损。

##### 3) 建筑垃圾

本项目工程弃土用于地基回填、地面平整；厂房建设产生的建筑施工废物送至指定的建筑垃圾堆存处，最终统一送建筑垃圾处理场。

#### 4) 生活垃圾

本次试验钻井施工期间，工作人员会产生少量的生活垃圾。按每人 0.5kg/d 计算，钻井施工人员为 10 人，则生活垃圾日产生量为 5kg。施工人员产生的生活垃圾在施工现场统一、暂存，定期清运至七三七厂生活区统一处理。

### 8.1.6 生态环境影响分析

本次试验用地为七三七厂现有井场内，试验用地不在生态保护红线内。本项目在试验现场布置中试厂房 1 座、井场集控室 1 间，紧邻现有 C3 采区西侧边界布置。中试厂房占地面积 200m<sup>2</sup>，集控室占地面积 100m<sup>2</sup>。本项目新施工钻孔 13 眼，钻孔施工临时占地 1151m<sup>2</sup>。因此，本项目总占地面积约 1684m<sup>2</sup>，其中，临时占地 1151m<sup>2</sup>，永久占地 533m<sup>2</sup>。

施工期间，在试验地点最多有 1 台钻井同时作业，同时开挖作业的面积较小；钻井施工过程中，严格控制临时占地面积，在一处钻井施工完成后，立即恢复临时占地处的植被；对施工开挖的土石方采取加盖覆盖层的方式防止风蚀、水蚀造成的水土流失。此外，本次试验场地及周边，人类活动较为频繁，野生动物数量较少，没有珍惜野生动植物分布，施工过程不会对野生动物造成明显影响。

### 8.1.7 环境风险影响分析

本项目施工期的环境风险主要是钻探使用柴油发电机。本项目施工现场的柴油储存量小，仅在现场配备 3 个油桶，单桶容量 800L，现场柴油最大储存量约 2400L，约 2.0t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）及附录 B，项目涉及风险物质使用量及临界量见表 8.1-5。

表 8.1-5 本项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存在总量 q <sub>n</sub> /t	临界量 Q <sub>n</sub> /t	危险物质 Q 值
1	油类物质（柴油）	/	2.0	2500	0.0008
项目 Q 值					0.0008

由上表可知，本项目 Q 值为 0.0008<1，项目环境风险潜势为 I；根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）中风险评价工作等级划分，本项目的的环境风险评价等级确定为简单分析。

本项目柴油密封保存，施工期严格按照安全标准化有关要求施工和管理，在柴油取用过程中规范小心操作，断绝火源，严格执行防火、防爆、防雷击等相应的防火工作，该风险是可控的，可以接受的。柴油在使用、暂存等过程中，主要采取以下措施保证安全：

①柴油在指定区域密闭储存，储存区远离施工人员经常活动的场地；②在油桶储存区设置

围堰，底部铺设防渗膜；③柴油取用过程中严格规范操作，避免跑冒滴漏，小心操作，杜绝火源，严格执行防火、防爆、防雷击等各项要求；④加强日常管理及安全巡视检查，保证油桶、防渗膜完好无破损；⑤加强施工人员安全教育，提高安全防范风险意识以及应急响应能力，若发生泄露事故后，立即采取应急补救措施，若发生柴油泄露事故，应立即采取堵漏应急措施，及时收集泄漏柴油，若有柴油泄露至土壤，立即采取应急补救措施清挖受污染土壤，并将污染土壤交由有危险废物处置资质单位处理。

## 8.2 试验期环境影响分析

### 8.2.1 大气辐射环境影响分析

#### 1) 污染源强

本项目在中试厂房内建设一套微生物水处理设施，开展地浸采区异位-原位协同生物修复现场验证试验。试验过程中，中试厂房会产生一定量的氦气。此外，由于本项目将开展适用于地下水微生物功能菌剂研究，拟选定的微生物为硝酸盐还原菌和硫酸盐还原菌，在试验过程中还会产生一定量的 H<sub>2</sub>S 气体。中试厂房室内产生的氦气和 H<sub>2</sub>S，由中试厂房的通风系统排出中试厂房，通风系统通风量为 12600m<sup>3</sup>/h。

以上两种污染物排放的相关参数见表 8.2-1。

表 8.2-1 大气污染物排放参数

污染物名称	排放方式	通风量, m <sup>3</sup> /h	排放高度, m	排放量
H <sub>2</sub> S	中试厂房整体通风, 由轴流风机排出室外	12600	8	7.06×10 <sup>-5</sup> kg/h
<sup>222</sup> Rn		12600	8	2.61×10 <sup>10</sup> Bq/a

#### 2) 大气环境影响分析

##### 1) <sup>222</sup>Rn 环境影响分析

采用 IAEA No19 号报告推荐的筛选模式，对本项目排放 <sup>222</sup>Rn 的辐射环境影响进行预测，计算公式及参数见附录 1。根据 ICRP 第 65 号出版物和 UNSCEAR2008 报告，氦气剂量转换因子取 2.44×10<sup>-9</sup>Sv/ (Bq·m<sup>3</sup>·h)。以此计算的本试验排放的 <sup>222</sup>Rn 对周边 5km 范围内主要居民点空气中 <sup>222</sup>Rn 浓度、公众剂量贡献值见表 8.2-2。

表 8.2-2 试验排放 <sup>222</sup>Rn 对 5km 范围内居民点贡献情况

序号	居民点	方位	距离 (km)	<sup>222</sup> Rn 浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	个人剂量 (mSv/a)
1	墩买里	WNW	2.66	1.03×10 <sup>-3</sup>	2.96×10 <sup>-5</sup>
2	都拉图	WSW	3.91	7.51×10 <sup>-4</sup>	1.60×10 <sup>-5</sup>

由表中数据可以看出，本次试验排放的 <sup>222</sup>Rn 对周边辐射环境影响最大值出现在 WNW 方位 2.66km 处的墩买里，空气中 <sup>222</sup>Rn 浓度贡献值为 1.03×10<sup>-3</sup>Bq/m<sup>3</sup>，对个人剂量贡献值



为  $2.96 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，辐射环境影响较小。

## 2) H<sub>2</sub>S 环境影响分析

本次评价采用 AERSCREEN 估算模式进行评价等级的确定，估算参数见表 8.2-3，计算结果见表 8.2-4。

表 8.2-3 H<sub>2</sub>S 预测 AERSCREEN 估算模式参数

名称	污染物	源强 (kg/h)	排气量 (m <sup>3</sup> /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	最小风速 (m/s)	最小温度 (°C)	最大温度 (°C)
中试厂房	H <sub>2</sub> S	$7.06 \times 10^{-5}$	12600	8	0.4	1.5	39.5	-43.2

表 8.2-4 项目周边 H<sub>2</sub>S 浓度贡献值

距离(m)	H <sub>2</sub> S	
	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	占标率 (%)
10	0.45	4.46
<b>12</b>	<b>0.46</b>	<b>4.63</b>
50	0.25	2.54
100	0.20	2.04
300	0.12	1.25
500	0.089	0.89
1000	0.052	0.52
2000	0.031	0.02
3000	0.023	0.23
5000	0.014	0.14

由表中数据可以看出，本次试验排放的 H<sub>2</sub>S 的 P<sub>max</sub> 为 4.63%，小于 10%，出现在 12m 处，最大落地浓度为 0.46μg/m<sup>3</sup>，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D—其他污染物空气质量浓度参考限值 (0.01mg/m<sup>3</sup>) 要求，对周围大气环境影响较小。

### 8.2.2 地下水环境影响分析

#### 1) 含矿含水层影响分析

本项目为地浸铀矿山终采区地下水修复技术研究项目，针对新疆 512 铀矿床酸法地浸采铀退役采区受影响地下水，开展异位—原位协同生物修复，处理后地下水 pH 值≥5.5，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N≤30 mg/L，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>≤350 mg/L，U<sup>6+</sup>≤0.5 mg/L。因此，本项目的实施可降低矿区含矿含水层地下水中污染物的浓度，改善井场地下水原有污染情况，为环境利好项目。

微生物修复技术是以微生物的代谢活动为基础，通过对有毒有害物质进行降解和转化，达到修复目的。本项目向含矿含水层中投加的外源物质主要为：微生物菌群及碳源。其中，微生物菌群包括硫酸盐还原菌 (SRB) 和硝酸盐还原菌 (NRB)，该类菌群是能利用硫酸

盐和硝酸盐作为电子受体进行还原反应的厌氧微生物，降低地下水中  $\text{NO}_3^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度，同时可将地下水由氧化状态逐渐转为还原状态，并维持还原环境，将溶解态的  $\text{U}^{6+}$  还原为吸附态的  $\text{U}^{4+}$ ，从而达到地下水修复的目的。在试验过程中，会根据微生物生长情况，补充投加一定量的碳源，可能会使局部地下水中的 COD 升高，但是通过微生物的不断繁殖，将缓慢消耗投加的碳源，因此，不会对地下水造成二次污染。

## 2) 上下层含水层影响分析

512 铀矿床位于侏罗系水西沟群的第 V 沉积旋回，侏罗系承压含水层具有明显的多旋回泥-砂-泥沉积结构，在空间上表现为：含水砂岩层、煤层与隔水的泥质岩层呈规律性的互层组合，并且某些泥质岩层和煤层在垂向和横向上分布较稳定，构成稳定的隔水层。512 铀矿床所在的第 V 承压含水层，旋回下部细粒段为一套 10~20m 发育广泛、厚度稳定的泥岩-粉砂岩层，为致密的隔水层，构成含矿砂体底板。旋回上部细粒段的底部有一层发育广泛、厚度 1~9m 的泥岩-粉砂岩隔水层，它构成含矿砂体的顶板。根据 512 铀矿床地勘报告，含矿含水层的抽水试验所绘制的水位降深历时曲线显示，在抽水过程中，上下含水层地下水未通过隔水层向含矿含水层产生越流，因此，含矿含水层与上下各含水层自成体系，无水力联系。本项目地浸地下水修复试验针对含矿含水层地下水进行，不会对上下层含水层产生影响。

### 8.2.3 固体废物环境影响分析

本项目试验产生的固体废物主要为废试验材料以及试验人员生活垃圾。废试验材料主要是试验过程中产生的少量废滤纸、滤膜、转移枪头、注射器、手套、口罩等，其产生量约为 0.2kg/d。本试验共新增试验人员 4 人，生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，生活垃圾产生量为 2kg/d。

本项目废试验材料在中试厂房指定地点收集后定期运至七三七厂分析化验室，与其产生的实验室废物一同外送处置。试验人员日常生活依托七三七厂生活区，产生的生活垃圾与生活区垃圾一起处置。本次试验产生的废试验材料、试验人员生活垃圾均得到了妥善的处置，不外排，不会对周边环境产生影响。

### 8.2.4 噪声环境影响分析

本项目主要噪声源中试厂房室内的风机、泵类等设备运行时产生的噪声，噪声值约为 60~80dB (A)。

本项目吸附区厂界噪声贡献值预测结果见表 8.2-4，噪声贡献等声级图见图 8.2-1。

表 8.2-4 中试厂房厂界噪声贡献值

预测结果	东北厂界	东南厂界	西北厂界	西南厂界
贡献值	45.71	42.44	37.45	32.51
执行标准	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准（昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)）			
达标情况	达标	达标	达标	达标

由表中数据及等值线分布图可以看出，本项目厂界处噪声可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求，且厂界外 200m 范围内无居民点等声环境敏感目标分布，对周围声环境影响较小。



图 8.2-1 试验期噪声预测等级声线图

### 8.2.5 事故环境影响分析

本试验项目气态流出物只有  $^{222}\text{Rn}$ ，当发生任何事故导致试验停止时， $^{222}\text{Rn}$  的排放也随即停止，且本试验项目所在地周边地广人稀。因此，气载流出物基本不存在环境风险。当试验失控、自然灾害、人为事故发生时，可能存在以下几种可能事故：

- 1) 向含水层引入外源物质

本项目采用“异位-原位协同生物修复”处理工艺，首先将终采区污染地下水抽出至地表进行生物异位处理，处理后的地下水回注至含矿含水层，该处理后的地下水将携带一定量的碳源及还原菌微生物，以便开展原位生物修复。此外，在原位修复阶段，将结合实际监测数据，必要时向含矿含水层中加入一定量的碳源和还原菌以人工强化原位修复效果。该过程将会向含水层中引入外援物质及微生物，可能会导致地下水环境的改变。本试验在投加药剂前，将开展大量的室内小试及中试试验，掌握试验反应产物，确保对地下水环境影响可控的前提下开展现场试验；在投加药剂后，将加密监测试验井和外围地下水监测井的菌液浓度、硫化物、COD、BOD<sub>5</sub>等指标，掌握地下水环境状态，避免二次污染，实现地下水修复的目的。

## 2) 上层含水层污染事故

本项目钻孔施工过程中采取了严格的质量保证，仅在含矿段安装滤水管，并将滤水管以上环状间隙全段水泥封堵，在施工完毕后，将通过物探检测等手段，保证井管的完整性和水泥封堵的可靠性。因此，一般情况下不存在由于钻孔密封不良造成泄露事故发生。在生产过程中，若发现某注入井的注液量出现增加，且注液压力明显降低时，则立即停止该生产孔的抽注活动，进行钻孔检查并及时进行修复或全孔封闭。此外，本项目 C3 采区内部上含水层布置监测井，一旦监测数据异常，通过停止附近抽、注入井，将破损的生产井进行修复或全孔封闭。

## 9 建设项目拟采用的防治措施及预期治理效果

内容类型	排放源(编号)	污染物名称	防治措施	预期治理效果	
废气	施工期	柴油废气	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、颗粒物	环保设备、轻质柴油	满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)新污染源限值要求。
		钻探场地	颗粒物	洒水抑尘、遮盖土方、避免大风期间施工等	
	试验期	中试厂房废气	<sup>222</sup> Rn	整体通风	满足剂量管理目标值要求。
			H <sub>2</sub> S	整体通风	满足《环境影响评价技术导则 大气环境》附录D中空气质量浓度参考限值要求。
废水	施工期	设备冲洗水	悬浮物、泥沙	洒水抑尘、自然蒸发	得到恰当处置
		生活污水	COD、NH <sub>3</sub> -N	寝车收集后运送至七三七厂生活区	得到恰当处置
	试验期	试验废水	U <sub>天然</sub> 、 <sup>226</sup> Ra 等	收集后运送至七三七厂分析测试中心一同外送处理	得到恰当处置
		生活污水	COD、NH <sub>3</sub> -N 等	依托七三七厂生活区一同处理	得到恰当处置
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	运至七三七厂蒸发池	得到恰当处置
		废机油	—	专用桶收集,定期交由具备危险废物处置资质的单位处置	得到恰当处置
		建筑垃圾	—	堆存后统一送至建筑垃圾处理场	得到恰当处置
		生活垃圾	—	寝车收集后运送至七三七厂生活区	得到恰当处置
		废弃试验材料	—	与七三七厂分析化验室废水一同外送处理	得到恰当处置
		生活垃圾	—	七三七厂生活区	得到恰当处置
噪声	选用低噪声设备,并采取隔声、减振措施,噪声排放在施工期满足《建筑施工厂界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)、试验期满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准标准要求。				
<b>生态保护措施及预期效果:</b>					
本项目施工期产生扬尘、机械燃油等废气、噪声、废水、固废,对周围环境影响轻微;采取本次环评提出的防控对策措施后,施工扰动土壤在可控范围内,且随着施工结束,植被恢复措施的整治,各种不利影响会逐步消失,生态环境会逐步恢复原有状况。					

10 环境保护设施及环境保护投资一览表

序号	分类	环境保护措施	内容	投资估算 (万元)	备注
一	大气	施工场地、中试厂房	洒水抑尘、轻质柴油、厂房整体排风风机等。	2	
二	水	地下水处理设施	中试厂房、地表废水处理设施、修复试验现场验证等费用。	650	本项目整体为地下水修复项目,所有其他环保设施均为地下水修复服务。因此,所有费用均归置到该类中。
三	固体废物	钻井泥浆地表处置	泥浆循环及泥浆运输	2	
四	噪声	低噪设备、设备维护保养	低噪设备、隔声挡板、设备维护保养	2	
五	生态恢复	施工场地恢复	钻孔施工场地结束后场地平整	1	
六	环境监测	地下水监测	地下水监测孔日常监测	3	
七	其他	/	/	/	
八					
合计				660	

## 11 环境管理与监测计划

### 11.1 环境管理机构

东华理工大学作为本项目的建设单位，全面负责本项目施工期和试验期的管理、监测和检查等工作。其主要职责包括：

- 1) 合理安排施工计划，确保文明施工；
- 2) 对项目实施过程中存在的环境污染问题予以及时纠正，确保各项环保措施的落实；
- 3) 定期巡视和设备检修，制定环境管理规章制度，并定期开展监测工作。

### 11.2 监测计划

由于本项目试验场地位于现有七三七厂 C3 采区内，在地浸采铀工程的试验期监测计划中均包含了本项目周边环境的日常监测，本项目可充分利用其监测数据。在此基础上，根据本项目特点，补充如下监测项目，见表 11.2-2。

表 11.2-2 试验期环境监测方案

监测对象	监测位置	监测频次	监测项目
地下水	①上含水层：3-D2 上； ②含矿含水层：上游 737-J01；下游 3-D7、1-D8、1-D1，3-D11； ③下含水层：3-D6。	1 次/半年	菌落总数、COD、BOD <sub>5</sub> 硫化物

## 12 退役治理与长期监护

### 12.1 退役治理

本项目是在现有的待退役采区内开展的地下水退役治理前期研究，本项目结束后，将试验单元及设施移交至七三七厂，结合治理技术成熟度以及七三七厂采区关停和退役治理计划，将本试验纳入七三七厂地浸采铀退役扩大试验或退役治理工程。对于有利用价值的设备直接利用，无利用价值的设备暂存于七三七厂地浸采铀工程固体废物库中，与其余固体废物一并退役处置。

### 12.2 长期监护

本项目建设内容仅为地下水修复试验钻孔、中试厂房及集控室，待本试验结束后，将纳入七三七厂地浸采铀退役治理扩大试验或退役治理工程。待退役治理工程结束后，综合考虑根据国家相关要求开展长期监护工作。



## 13 结论与建议

### 1、结论

#### 1) 项目概况

本项目为 512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究，研究场地位于新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州察布查尔锡伯自治县琼博拉乡新疆中核天山铀业有限公司七三七厂 C3 采区，现场建设内容主要为试验钻孔、中试厂房及集控室，本项目研究周期为 3 年，项目总投资 942 万元。

#### 2) 工程分析结论

##### (1) 工艺流程

本项目地下水修复工艺是采用地下水异位-原位协同生物修复技术。通过水文地质条件、污染现状和微生物等的调查与评价，获得该采区地下水中污染物和微生物分布特征，选育硝酸盐还原和硫酸盐还原等耐酸性微生物菌群；分别开展异位及原位生物修复的室内试验及现场试验，建立“异位-原位协同生物修复”工艺模型，获得 1 套高效酸法地浸采铀退役采区地下水环境修复的新方法和新工艺，使处理后水体 pH 值、 $\text{SO}_4^{2-}$ 和  $\text{NO}_3^-$ 等关键指标达到地下水质量标准（GB/T 14848-2017）IV 类水标准， $\text{U}^{6+} \leq 0.5 \text{ mg/L}$ 。

##### (2) 污染物的产生及处理

废气：本项目施工期废气主要为燃油废气和施工扬尘，产生量均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）限值要求。试验期废气主要是中试厂房产生的试验废气，保守计算厂房氡气释放量约为  $2.61 \times 10^{10} \text{ Bq/a}$ ， $\text{H}_2\text{S}$  气体释放量约为  $7.06 \times 10^{-5} \text{ kg/h}$ 。

废水：本项目施工期产生的废水主要为施工废水和生活污水，试验期废水主要为试验废水和生活污水。试验废水产生量约为  $0.02 \text{ m}^3/\text{d}$ ，暂存于中试厂房废液桶内，与七三七厂分析化验室废水一同交由废水处理单位处理。试验期生活污水最大产生总量为  $0.064 \text{ m}^3/\text{d}$ ，依托七三七厂生活区一同处理。

噪声：本项目施工期噪声主要来源于钻机、泥浆泵、除砂机、搅拌机、钩机等运行、作业过程中产生的各种噪声，试验期噪声源主要为各种泵类，单机噪声源强均小于 90dB（A）。对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施，经处理后在施工期和试验期分别满足《建筑施工厂界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）标准要求。

固体废物：本项目施工期固体废物主要为钻孔施工时产生的钻井泥浆、废机油及施工人员的生活垃圾。试验期产生的固体废物主要是废弃试验材料及生活垃圾，废弃试验材料产生量约  $0.2 \text{ kg/d}$ ，在中试厂房收集后运送至七三七厂分析化验室，与其实验室废物一同外

送置。生活垃圾最大产生量约 2kg/d，依托于七三七厂生活区处理。

### 3) 环境质量现状调查结论

本项目环境质量现状空气中 TSP 满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)，硫化氢满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)中附录 D—其他污染物空气质量浓度参考限值要求；地表水放射性监测指标与建矿前基本处于同一水平，非放射性指标均满足《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中III类标准及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值；地下水上下含水层和采区外围含矿监测井的含矿含水层地下水中  $U_{\text{天然}}$  和  $^{226}\text{Ra}$  与建矿前处于同一水平，非放射性指标满足《地下水质量标准》(GB 14848-2017)中III类标准；土壤中放射性监测指标与建矿前位于同一水平，各项非放监测指标均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)中的污染风险筛选值的标准要求；本项目周边声环境满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 2 类标准要求。

### 4) 环境影响分析结论

#### (1) 施工期环境影响分析

施工期产生的废气、废水、噪声、固体废弃物等对周围环境的影响较小，且施工期的环境影响只是暂时的，随着施工期的结束，影响即会消失。

#### (2) 试生产期环境影响分析

大气环境影响：本项目中试厂房排放的  $^{222}\text{Rn}$  对周边辐射环境影响最大值出现在 WNW 方位 2.66km 处的墩买里，空气中  $^{222}\text{Rn}$  浓度贡献值为  $1.03 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ ，对个人剂量贡献值为  $2.96 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，辐射环境影响较小；中试厂房排放的  $\text{H}_2\text{S}$  的最大落地浓度占标率为 4.63%，出现在 12m 处，非放射性污染物排放对环境的影响较小。

地下水环境影响：本项目为地浸铀矿山终采区地下水修复技术研究项目，研发适于酸法地浸铀矿山的地下水修复工艺。根据本项目预期技术指标，地下水地表处理后的 pH 值  $\geq 5.5$ ， $\text{NO}_3^- - \text{N} \leq 30 \text{mg/L}$ ， $\text{SO}_4^{2-} \leq 350 \text{mg/L}$ ， $\text{U}^{6+} \leq 0.5 \text{mg/L}$ 。项目本身为改善地下水环境的修复项目，不会造成地下水环境污染。含矿含水层的顶底板均相对稳定，含矿含水层中的地下水越流至上层含水层的可能性很小。

#### (3) 放射性固体废物环境影响

本项目废试验材料在中试厂房指定地点收集后定期运至七三七厂分析化验室，与其产生的实验室废物一同外送处置。试验人员日常生活依托七三七厂生活区，产生的生活垃圾与生活区垃圾一起处置。本次试验产生的废试验材料、试验人员生活垃圾均得到了妥善的处置，不外排，不会对周边环境产生影响。

#### (4) 声环境影响

现场试验厂界噪声值可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准的要求，不会对周边声环境产生明显影响。

#### 5) 工程可行性结论

本试验项目产生的污染物均采取了有效的防治措施，污染物处置措施合理，生态保护措施可行。试验项目运行过程中对地下水、大气、声环境、生态等环境的影响可以接受；公众受照剂量满足剂量管理目标值的要求。项目试验成功将会产生经济效益、社会效益和环境效益。项目正常运行情况下，对环境的影响很小，事故情况下环境的影响可以接受。因此，从环境保护角度分析，本项目的实施是可行的。

## 2、建议

1) 项目建设应严格执行工程基本建设程序和“三同时”制度，环保设施做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

2) 按照本项目实施方案要求，对地下水监测井进行取样监测，发现地下水异常立即采取相应措施。

3) 施工过程中严格按照钻井泥浆处理措施实施，并加强钻井泥浆的管理，减少对环境的影响。

预审意见:

公章

经办人:

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

公章

经办人:

年 月 日

审批意见:

经办人:

公 章

年 月 日

## 注 释

一、本报告表应附以下附件、附图：

附件 1 立项批准文件

附件 2 其他与环评有关的行政管理文件

附图 1 项目地理位置图（应反映行政区划、水系、标明排污口位置和地形地貌等）

附图 2 项目平面布置图

二、如果本报告表不能说明项目产生的污染及对环境造成的影响，应进行专项评价。根据建设项目的特点和当地环境特征，应选下列 1--2 项进行专项评价。

1.大气环境影响专项评价

2.水环境影响专项评价（包括地表水和地下水）

3.生态影响专项评价

4.声影响专项评价

5.土壤影响专项评价

6.固体废物影响专项评价

以上专项评价未包括的可另列专项，专项评价按照《环境影响评价技术导则》中的要求进行。

## 附录 1 筛选模式计算公式及参数

根据 IAEA19 号报告，本次预测筛选模式计算原理如下。计算参数中，污染设施排放时间根据本项目开展试验的时间，本项目取 365d，放射性核素为  $^{222}\text{Rn}$ 。

### 1、大气扩散模式

$$C_A = \frac{P_p F Q_i}{u_a} \quad (1)$$

式中： $C_A$ ——下风向距离  $x$  处地面浓度， $\text{Bq}/\text{m}^3$ ；

$Q_i$ ——核素  $i$  的平均排放源强， $\text{Bq}/\text{s}$ ；

$P_p$ ——关心点风向的时间分数，无量纲，一般取 0.25；

$u_a$ ——释放点高度处的年均代表性风速， $\text{m}/\text{s}$ ；

$F$ ——高斯扩散因子， $1/\text{m}^2$ ；

$$F = \frac{16}{\sqrt{2\pi^3}} \times \frac{\exp[-(H^2 / 2\sigma_z^2)]}{x\sigma_z} \quad (2)$$

$H$ ——释放点高度， $\text{m}$ 。

$\sigma_z$ ——垂直扩散参数， $\text{m}$ 。

$$\sigma_z = 0.06x / \sqrt{1 + 0.0015x} \quad (3)$$

烟羽扩散的过程中，仅考虑放射性衰变作用引起的核素浓度降低。

放射性衰变因子  $f$

$$f = \exp(-\lambda_i \frac{x}{u_a}) \quad (4)$$

式中： $\lambda_i$ ——核素衰变常数；取  $2.10\text{E}-06/\text{s}$ 。

### 2、剂量估算模式

由于本项目仅考虑  $^{222}\text{Rn}$ ，因此仅为吸入内照射所致剂量，计算如下：

$$D_{Rn}^a = T \cdot C_{Rn} \cdot DF_{Rn} \quad (5)$$

式中： $D_{Rn}^a$ ——吸入内照射剂量， $\text{Sv}/\text{a}$ ；

$C_{Rn}$ —— $^{222}\text{Rn}$  浓度， $\text{Bq}/\text{m}^3$ ；

$T$ ——受照时间， $\text{h}$ ；本项目取 8760h；

$DF_{Rn}$ —— $^{222}\text{Rn}$  及其子体剂量转换因子，取  $2.44 \times 10^{-9} \text{Sv}/\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

## 附件

附件 1：环评委托书；

附件 2：项目批复文件；

附件 3：环境质量现状监测报告



## 环评委托书

核工业北京化工冶金研究院:

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定,现委托贵单位承担《512 铀矿地浸退役采区地下水异位-原位协同生物修复技术研究环境影响报告表》的编制工作,请根据国家法律法规要求尽快开展工作。

特此委托。

